

01149



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA /

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

2ej.

TEMA

AHORRO DE ENERGÍA EN MOTORES ELÉCTRICOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

P R E S E N T A:

AMADOU OURY

BALDE

Bah

MÉXICO, D.F.

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## jurado asignado

Presidente : Ing. Rafael Guerrero Cepeda

Vocal : Dr. Hector Sarmiento Uruchurtu

Secretario : Dr. Gerardo R. Espinosa Perez

Suplente : Ing. Arturo Morales Collantes

Suplente: M. en Ing. Elizabeth Godoy Alcantar

## Mis agradecimientos a :

El Instituto Mexicano del Petróleo por la beca y la oportunidad de desarrollar la tesis en sus instalaciones.

El Área de Combustión y la Gerencia de Transformación de Energéticos por aceptarme y por darme todas las facilidades para realizar el trabajo.

Todos los compañeros y amigos de la división por su apoyo y buen trato.

Mi asesor interno : Ing. Víctor Manuel Vargas Yamauchi por su asistencia técnica y guía en todo momento.

Mis amigos : José Flores, Luis Javier, Ivonne, Alma, Víctor Guerrero, Beto Hernandez que me decían desde un principio : ' Animo , tu puedes ! '

Mis Maestros de la carrera y los Miembros del jurado por su aportación.

Mi Director de Tesis : Dr. Hector Sarmiento Uruchurtu por su paciencia.

Finalmente, mando un saludo a mi familia en Guinea y haré todo para mejorar de ahora en adelante y ser más útil aquí y allá.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>I- INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1-1 Panorama mundial.....	3
1-2 Situación nacional y antecedentes de ahorro.....	3
1-3 La tarea del usuario.....	5
<b>2- OBJETIVO GENERAL</b> .....	7
2-1 Tipo de estudio.....	7
2-2 Justificación del trabajo.....	8
<b>3- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
3-1 Conceptos teóricos.....	9
3-1.1 Características de operación de los motores eléctricos.....	9
3-1.2 Motores de alta eficiencia.....	15
3-1.3 El variador de velocidad.....	19
3-2 Marco de referencia sobre ahorro y consumo de energía....	24
3-2.1 Datos sobre consumo de energía eléctrica en México.....	24
3-2.2 Alternativas de ahorro a nivel general.....	24
3-2.3 Papel de organismos como el FIDE y la CONAE.....	27
<b>4- MODELO MATEMÁTICO PARA CALCULAR EL MOTOR MÁS EFICIENTE</b> .....	28
4-1 Agrupamiento de los motores en función de las características de la carga.....	28
4-1.1 Motores de baja capacidad que operan en vacío o con cargas ligeras.....	28
4-1.2 Motores con ciclo de carga continuo.....	29
4-1.3 Motores con ciclo de carga discontinuo.....	29
4-2.4 Motores controlados con válvulas de estrangulamiento.....	29

4-2 Desarrollo matemático.....	30
4-3 Secuencia para la ejecución del modelo.....	31
4-4 Estructuración del programa de computo para el modelo.....	32
<b>5- APLICACIÓN DEL MODELO EN PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN .....</b>	<b>33</b>
5-1 Selección de la planta o centro.....	33
5-2 Breve descripción del proceso en dicho lugar.....	35
5-3 Censo de cargas.....	36
5-4 Aplicación del programa.....	39
5-5 Análisis y discusión de resultados.....	47
<b>6- CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
Sugerencias.....	51
Anexo A.....	52
Anexo B.....	69
Anexo C.....	109
Referencias bibliográficas.....	150

## RESUMEN

La explosión demográfica y el crecimiento de la industria y transportes aumentan de manera considerable el consumo de energía eléctrica; como consecuencia de ello, persiste la necesidad de encontrar cada día más y mejores fórmulas de ahorro de energía.

En este trabajo, se recomiendan métodos específicos enfocados a los motores eléctricos de la industria. Para este fin, se diseñó un modelo matemático para calcular el motor más adecuado o usar un control determinado como alternativa.

Antes de iniciar el diagnóstico energético, se agrupan los motores (en operación) en 4 grupos según las características de la carga.

1- Motores de pequeña capacidad en vacío o con carga ligera durante largos periodos: Su Factor de Potencia es muy bajo y se mejora por medio de un controlador del mismo nombre.

2- Motores con ciclo de carga continuo: Muchos de ellos son sobredimensionados y por lo tanto se sustituyen por otros de menor capacidad que realicen el mismo trabajo.

3- Motores con ciclo de carga discontinuo: Implementar un dispositivo de paro y re arranque del motor según la presencia o no de la carga.

4- Motores controlados por válvulas de estrangulamiento o derivaciones: Reducir el consumo a medida que disminuya la carga (flujo en este caso), por medio de un variador de velocidad.

El modelo calcula el potencial de ahorro en Kwh, el costo del mismo en unidad monetaria, la inversión correspondiente y el tiempo de recuperación de dicha inversión por cada motor y luego por Grupo.

Para fines de aplicación práctica, se le suministra datos de algunas cargas del Complejo Petrolero ABKATÚN (Sonda de Campeche), al Programa de Computo (en FORTRAN 77) elaborado como herramienta principal del modelo.

## **1- INTRODUCCIÓN**

La energía esta presente en prácticamente todas nuestras actividades. Su manifestación en cualquier de las formas (luz, calor, movimiento) se ha vuelto ya indispensable para el hombre casi igual que el agua y el oxígeno. Su uso es en gran medida un factor condicionante del desarrollo económico. Lo que ocurre en el ámbito energético afecta a todos los países, independientemente de su grado de desarrollo, su forma de organización social o su calidad de exportadores o importadores de hidrocarburos.

### **1-1- PANORAMA MUNDIAL**

Los recursos no renovables como el petróleo y el carbono tienden a acabarse y hay que prever el futuro. El mundo esta tratando de administrar cada día con más cautela sus energéticos en particular, debido a la escasez y/o disminución continua de éstos. El conflicto armado del medio oriente de los años 1973-1974, al que se le conoce como la "primera crisis petrolera", tuvo efectos sumamente importantes en el campo energético, ya que los precios del petróleo subieron a un valor cuatro veces mayor en esos años; como respuesta a esa crisis energética, los países industrializados implantaron una política de ahorro de energía y de diversificación de fuentes de suministro. En general, los esfuerzos de ahorro se han centrado en los sectores industrial y comercial - residencial, de esta manera, en los últimos diez años, los países industrializados lograron reducir el consumo de energía primaria por unidad de producto bruto en un 20%.

### **1-2- SITUACIÓN NACIONAL Y ANTECEDENTES DE AHORRO**

En México al igual que en muchos otros países, los energéticos son elementos clave de la economía. Así, por ejemplo, en 1984 este sector contribuyó con 5.7% del producto interno bruto, pero a pesar de sus aportaciones, enfrenta tres problemas complejos que son:

1- El alto consumo de energía total por unidad de producto producido.

2- La dependencia nacional con respecto a los hidrocarburos, la cual en una perspectiva a largo plazo puede significar un alto grado de vulnerabilidad.

3- La estructura nacional del consumo de energía, donde los sectores energéticos y de transporte representan valores sumamente elevados y el sector agropecuario extremadamente bajo.

El panorama del uso eficiente de la energía en México es relativamente joven y lo podemos resumir como sigue:

a- En 1977 aparece un "Manual de procedimiento para el uso eficiente de la energía en la industria y el comercio", editado por la Comisión de Energéticos de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN).

b- En agosto de 1978, la SEPAFIN editó un libro con las ponencias del seminario internacional de economías de energía, se impartieron pláticas al respecto y se delinearon algunos posibles escenarios en México en los sectores eléctrico, del cemento y petróleo.

c- En 1979, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) estableció el Programa Nacional de Uso Racional de Energía Eléctrica (PRONUREE) cuya primera fase se enfoca al sector consumidor pero no al interior de la propia CFE.

d- La UNAM se une a este esfuerzo, creando en agosto de 1982 el Programa Universitario de Energía como marco de referencia para sus acciones de investigación y desarrollo.

e- En agosto de 1984, se crea en Petróleos Mexicanos el Programa de Conservación y Ahorro de Energía: difusión, concientización, capacitación y asistencia técnica

f- Finalmente, para coordinar los esfuerzos de promoción y uso eficiente de la energía, se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) en septiembre de 1989 (ver capítulo 3-2).

En el caso de México, se intenta equilibrar el uso de los recursos energéticos en función de su disponibilidad para producir la energía eléctrica que requiere el país. De este modo, existen plantas hidroeléctricas, termoeléctricas, carboeléctricas y nucleoelectricas principalmente.

**¿ A quién beneficia ahorrar ?** Naturalmente a los usuarios que pagarían menos por concepto de consumo cada mes y a las compañías de suministro público o generación local que proporcionalmente, producirían menos kilowats y por lo tanto menor inversión, menos equipo a usar.

Los usuarios están clasificados en: Residencial, Comercial, Industrial, Servicios municipales y Bombeo agrícola; las cargas son esencialmente de alumbrado, de diversos aparatos que producen calefacción (hornos, radiadores eléctricos),

refrigeración (ventiladores, refrigeradores), aparatos e instrumentos de control y motores eléctricos.

### **1-3 LA TAREA DEL USUARIO**

Cualquiera de los factores siguientes puede aumentar el consumo de energía:

a - Mala selección de un elemento o un equipo en cuanto a tipo, material o capacidad.

b- Obstrucciones en tuberías, puntos de cambio de dirección, de variaciones de diámetro en las mismas, válvulas de seguridad, refiriéndose a las instalaciones.

c - Problemas de mantenimiento como la lubricación para los motores.

La energía que se pierde dentro del sistema tendrá que ser suministrada, lo que implica más demanda no aprovechada por pagar de parte del usuario. El trabajo empieza entonces desde la selección correcta del motor (el tipo de armazón acorde al medio ambiente, tomar en cuenta si su ciclo de trabajo es continuo o intermitente, etc.).

Es alentador señalar que la promoción para el ahorro de energía de parte del gobierno tiene buena aceptación y buenos resultados en la industria, comercios y oficinas ya que la mayoría esta integrando dentro de sus actividades este buen hábito.

Las recomendaciones y procedimientos que se plantean en esta tesis, están enfocados exclusivamente hacia los motores eléctricos debido a que representan alrededor del 70% de la demanda global y por consiguiente el mayor potencial de ahorro .

Se elabora un modelo matemático que detecta la energía desperdiciada (si la hay) para cada motor, basándose en sus valores nominales y de operación como consumo de energía, eficiencia , factor de carga etc.

Se sugiere un tipo de acción a emprender (sustitución del motor por otro de menor capacidad , de alta eficiencia o adición de algún tipo de control) conforme a una clasificación preestablecida de los motores en 4 grupos en función de las características de las cargas (ver capítulo 4-1).

El modelo calcula la cantidad de energía que se puede ahorrar en (Kwh), su valor en unidad monetaria, el monto de la inversión requerida y su tiempo de recuperación.

El criterio de ahorro favorable consiste en que la Potencia demandada (en Kw) después de aplicar la medida correctiva sea menor que la Potencia consumida en las condiciones previas de operación.

Finalmente, la aplicación práctica del programa en unas instalaciones de PEMEX dio buenos resultados con una recuperación de la inversión en un corto plazo.

## CAPITULO 2

### OBJETIVO GENERAL

Es muy común en sectores industriales y petroleros entre otros, que muchos de los motores instalados estén sobredimensionados, es decir que operen a una carga por debajo de su capacidad nominal. Eso es debido en la mayoría de los casos a que el proyectista lo decide así, al no encontrar disponible en su momento un motor de capacidad igual al valor calculado, y/o ante la incertidumbre sobre la variación de la carga en el futuro. Por otro lado, hay muchos motores que quedan energizados constantemente a pesar de que tengan carga sólo por intervalos definidos de tiempo, otros tienen carga variable.

Como consecuencia de lo anterior, para los motores se derivan factores negativos como: baja eficiencia, demanda elevada de potencia y entre mayor número de unidades, mayores pérdidas [2].

El objetivo principal de este trabajo es realizar un modelo matemático que nos permita:

a- Detectar los motores sobredimensionados

b- Establecer un programa de sustitución de los anteriores por otros de menor capacidad y en condiciones de hacer el mismo trabajo.

c- Que los motores que manejan flujo variable como carga, puedan trabajar de manera eficiente aún cuando disminuya dicho flujo.

En cada caso, hacer la evaluación económica correspondiente para justificar o declinar la operación.

#### 2-1 TIPO DE ESTUDIO

Se trata de censar y aprovechar a lo máximo las potencialidades de ahorro de energía eléctrica existentes en las instalaciones señaladas. Este trabajo por lo tanto, se clasifica como Investigación Exploratoria.

## 2-2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Frente a la alta demanda de energía eléctrica en la industria, el bombeo agrícola y el transporte del país, existe la necesidad de buscar cada día más alternativas para ahorrar la mayor cantidad posible de dicha energía.

En los sectores productivos, los motores eléctricos realizan la mayor parte del trabajo o sea consumen las cargas con más electricidad y por ende ofrecen las mayores oportunidades para nuestro objetivo.

El modelo matemático utilizado aquí permite reducir el derroche de energía en la industria en general , mejorando el grado de eficiencia de los procesos. De este modo, se obtienen beneficios económicos importantes para el usuario y las compañías suministradoras de energía.

### **Lugar de aplicación:**

Para nuestro caso particular, consideramos que el modelo será de gran utilidad aplicado en las Terminales de Venta y/o Marítimas de Pemex Refinación, Complejos Marinos, Baterías de compresión adscritos a Pemex Exploración y Producción , por la energía que consumen y porque los motores operan allí de manera continua. El programa, con los datos que se suministren calculará el ahorro tanto energético como económico.

## CAPITULO 3

### REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3-1 CONCEPTOS TEÓRICOS

##### 3-1.1- Características de operación de los motores [2].

La administración de la energía en cuanto a los motores eléctricos, es la consideración de los factores que contribuyen a reducir el consumo de energía. El motor eléctrico es una maquina convertidora de la energía eléctrica en energía mecánica; su diseño y aplicación se basan sobre los requerimientos de la maquina de transmisión como: arranque y aceleración, velocidad, carga, condiciones de servicio, eficiencia, factor de potencia y costo inicial del motor.

Las condiciones de servicio más relevantes a cuidar son:

**a- Instalación:** La temperatura del ambiente de trabajo debe ser de  $+ / - 40$  grados centígrados en áreas donde no se obstruya la ventilación.

**b- Operación dentro de una tolerancia de - 10% y +10% del voltaje nominal.**

**c- Operación a partir de una fuente senoidal (cuyo factor de desviación no exceda el 10%.)**

**d- Limites de frecuencia de -5% y +5% de la nominal.**

**e)- Desbalanceo de voltaje de 1% o menos.**

No trabajar en condiciones diferentes de las usuales ya que eso podría provocar un consumo adicional de energía. A continuación, señalaremos los efectos de algunos de los factores más importantes.

##### **f- Efectos de la variación de voltaje y de la frecuencia.**

La operación fuera de los valores nominales de voltaje o de frecuencia, puede reducir tanto la eficiencia como el factor de potencia además de afectar adversamente otras características; lo mismo puede pasar cuando el motor opera con una onda de voltaje no senoidal.

### **g- Efectos del desbalanceo de fases.**

Para la alimentación de los motores trifásicos, este fenómeno es fundamental en la operación eficiente del sistema. Un desbalanceo de 3.5% puede incrementar las pérdidas del motor en aproximadamente 20%. Es por ello que las cargas monofásicas conectadas a una fuente trifásica deben ser controladas para mantener el desbalanceo en las terminales del motor, lo más bajo posible.

### **h- Eficiencia**

Es el parámetro clave porque entre más alto es, mayor ahorro de energía del motor. La eficiencia es una medida de la efectividad con la cual la energía eléctrica está convertida en energía mecánica y se expresa así:

Eficiencia = Potencia de Salida / Potencia de entrada

También, se puede expresar de la siguiente manera:

Eficiencia = Salida / (Salida + Pérdidas).

Este parámetro está en función de la carga, de la potencia nominal y de la velocidad. La operación del motor bajo cargas sustancialmente diferentes de la nominal puede resultar en un cambio de la eficiencia.

La Norma Oficial Mexicana NOM-074-SCFI-1994 revisada (septiembre de 1996/Rev.B), establece los valores mínimos de eficiencia, el método de prueba para la evaluación de los motores que se comercializan en México. Su campo de aplicación es en motores eléctricos monofásicos de inducción tipo jaula de ardilla, de uso general (de 0.24 a 2 HP) y trifásicos de 1 a 200 HP [8].

De acuerdo al enclaustramiento, tenemos la siguiente clasificación:

- Motores abiertos: Son los que tienen aberturas para ventilación que permiten el paso del aire exterior de enfriamiento, sobre y a través del embobinado del motor (tabla 3.1.2, anexo A).

- Motores cerrados: Tienen un armazón que impide el intercambio libre de aire entre el interior y el exterior sin llegar a ser hermético (tabla 3.1.1, anexo A).

Esos datos fueron publicados por el Subcomité de Normalización de la eficiencia eléctrica [8].

Generalmente, la eficiencia a plena carga de los motores se incrementa a medida que aumenta la potencia nominal. También, para la misma capacidad en HP, los motores con mayor velocidad en general (no necesariamente), tienen mayor eficiencia a plena carga que los de menor velocidad nominal [2].

**i- El deslizamiento.**

El deslizamiento de un motor de inducción es la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad a plena carga. De otro modo, es una medida de las pérdidas en el devanado del rotor. Por lo general, a mayor deslizamiento, más baja eficiencia.

**j- Pérdidas en el motor.**

Para su fácil identificación, se dividen en cuatro grupos como se indica en la tabla 3.1.3

**j1.** Las pérdidas eléctricas conocidas también como **las pérdidas en el cobre** (estator y rotor) varían con la carga. La corriente al circular por los devanados produce pérdidas que son proporcionales a la corriente al cuadrado por la resistencia de los conductores ( $I^2R$ ).

**j2.** **Las pérdidas en el núcleo** (independientes de la carga) están confinadas en las laminaciones. El campo magnético causa pérdidas por histéresis y corrientes Eddy.

**J3.** **Las pérdidas mecánicas** (por fricción en el aire), independientes de la carga. En general son muy pequeñas en motores abiertos y de bajas velocidades, pero pueden ser considerables en motores grandes de alta velocidad o en motores enfriados por ventiladores totalmente cerrados.

**J4.** **Las pérdidas indeterminadas** debidas a varios factores como: el flujo de enlace inducido por las corrientes del motor, la distribución no uniforme de la corrientes en los conductores, el entrehierro, etc.

Tabla 3.1.3: Distribución de las pérdidas en el motor

	<b>Porcentajes típicos de pérdidas en motores de inducción polifásicos de 4 polos</b>	<b>Factores que afectan a estas pérdidas.</b>
Pérdidas en el estator	35 a 40	Calibre del conductor del estator
Pérdidas en el rotor	15 a 20	Calibre conductor del rotor
Pérdidas en el núcleo	15 a 20	Tipo y cantidad del material magnético
Pérdidas por dispersión	10 a 15	Métodos de diseño y Manufactura
Fricción en el aire	5 a 10	Selección y diseño de ventiladores y soportes

#### **k- Aplicación de los Motores de inducción**

La selección de los motores de inducción depende de las características de funcionamiento de la máquina de transmisión las cuales a su vez, determinan las características de operación del motor. A continuación, tenemos listas de los tipos de motores y las máquinas en las cuales se aplican generalmente. Su clasificación fue establecida por NEMA ( National Electrical Manufacturing Association).

##### **K1. Motores NEMA A y B:**

Se utilizan en máquinas como Ventiladores, Bombas centrífugas, Compresores. Requieren de un par de arranque relativamente bajo y que luego se va incrementando con la velocidad. El motor NEMA A en particular, tiene un rotor tipo Jaula de Ardilla para cargas que requieren un deslizamiento extremadamente bajo (del orden del 1%); también, tiene una corriente a rotor bloqueado más elevada que en el caso de los de NEMA B. En resumen, estos dos diseños se caracterizan por *par de arranque normal y corriente de arranque normal* (ver figura 3.1.1).

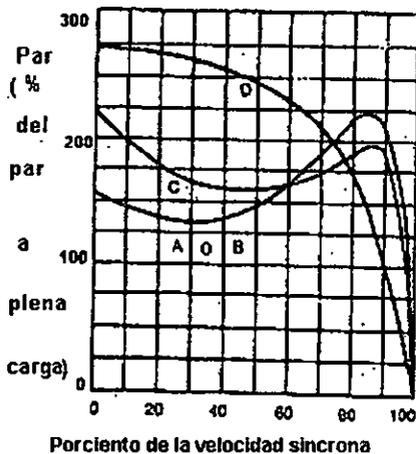
### k2. Motores NEMA C:

Se usan con cargas que requieren de alto par de arranque que es normalmente mayor que el requerido a velocidad de plena carga: compresores de aire, bandas transportadoras, etc. Son de *alto par de arranque y corriente de arranque Normal* (figura 3.1.1)

### k3. Motores NEMA D:

Se aplican en máquinas que imponen cargas pulsantes o que requieren de arranques frecuentes del motor como en bombeo de aceite, elevadores, etc. Son para *alto par de arranque y alto deslizamiento* (figura 3.1.1).

Figura 3.1.1: Curvas de velocidad para motores NEMA A, B, C, D



### I. El factor de potencia:

La carga conectada es generalmente un factor influyente en la determinación del factor de potencia global del sistema. Un factor de potencia bajo provoca un incremento de las pérdidas en el sistema de distribución. Los motores de inducción causan inherentemente un factor de potencia atrasado para el sistema. El factor de potencia de un motor de inducción decrece a medida que disminuye la carga (fig. 3.1.2). Por otro lado, el factor de potencia a plena carga sube conforme aumenta la potencia nominal (HP) del motor (figura 3.1.3).

La conexión de varios motores de inducción que operan con carga ligera puede causar un factor de potencia muy bajo para el sistema. También, entre más baja es la velocidad de esos motores, más bajo el factor de potencia. Sin embargo, es más recomendable utilizar los capacitores para corregir el factor de potencia ya que la reducción del voltaje nominal puede afectar la operación.

Figura 3.1.2 Curvas típicas de factor de potencia: cargas para motores trifásicos Jaula de Ardilla, 1800 RPM

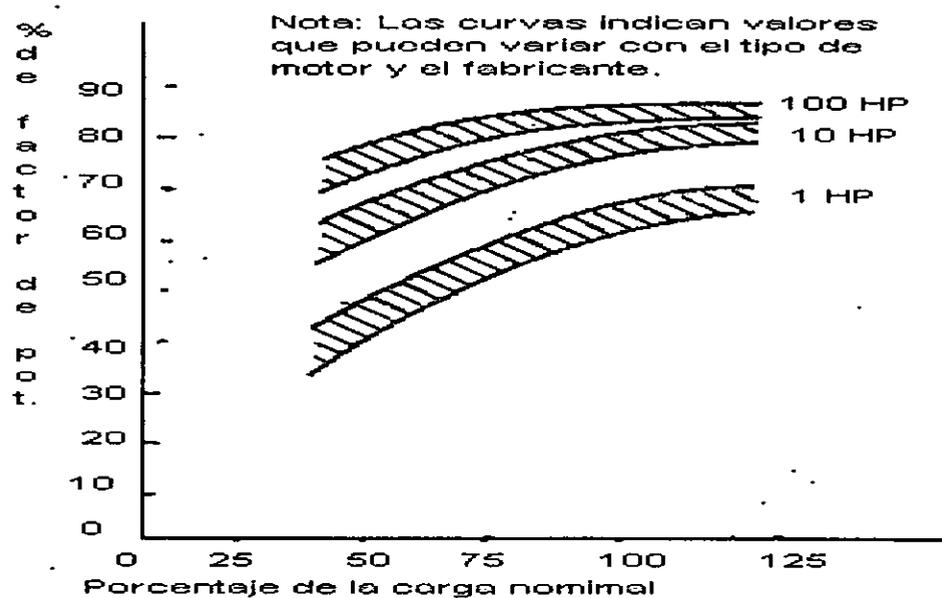
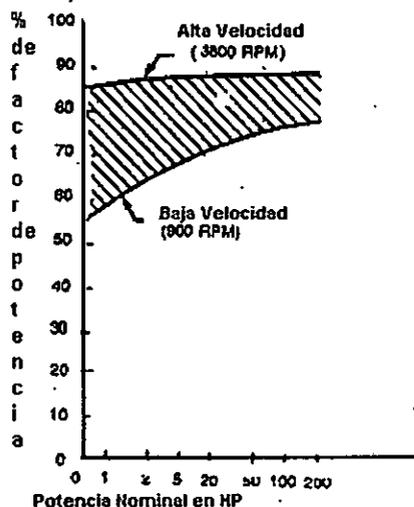


Figura 3.1.3 Curvas típicas de factor de potencia a plena carga contra HP's de motores trifásicos, Jaula de ardilla.



### 3-1.2- Motores de alta eficiencia

Un ahorro importante de energía eléctrica en accionamientos con motores se puede obtener mediante la reducción de las pérdidas. Para lograrlo, algunos fabricantes se han dedicado a mejorar su diseño y manufactura, de diversas maneras como:

- Utilización de acero con mejores propiedades magnéticas.
- Reducción del entrehierro.
- Reducción del espesor de la laminación.
- Incremento en el calibre de los conductores.
- Utilización de ventiladores y sistemas de enfriamiento eficientes.
- Utilización de mejores materiales aislantes.

El resultado ha sido disponer de motores con pérdidas menores de hasta un 45% que las de los motores estándar. Por ejemplo, la reducción del 30% en las pérdidas de un motor de 10 HP con 83.0% de eficiencia, incrementa su valor a un 88.5%. Por otro lado los motores de alta eficiencia, a diferencia de los estándar, mantienen su alto nivel de eficiencia en un amplio rango de carga. Esto se puede observar en la figura 3.1.5 en donde se muestra la variación de la eficiencia con la carga, para motores similares. La figura 3.1.4 muestra la forma de la eficiencia pero estándar.

Figura 3.1.4 Curva típica de variación de la eficiencia de un motor de 10 HP

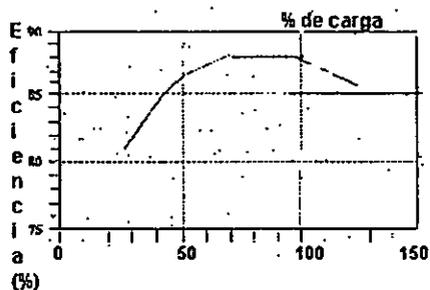
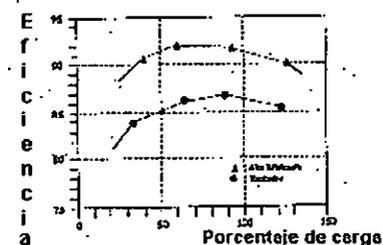


Figura 3.1.5 Comparación de las eficiencias de un motor de 10 HP (como estándar y como de alta eficiencia).



La manufactura y el uso de mejores materiales se traduce en un costo mayor. Los motores de alta eficiencia tienen un precio entre el 15 y 30% más que sus similares estándar, pero este sobreprecio puede ser recuperado en un período razonable con los ahorros que se obtienen al reducir el consumo de energía eléctrica.

#### -Estimación de los ahorros con motores de alta eficiencia:

La selección apropiada de un motor eléctrico debe considerar sus condiciones de desempeño, incluyendo las restricciones al medio ambiente, así como su costo de adquisición y operación. Las características de alimentación eléctrica, requerimientos del par, ciclo de trabajo de la carga, tipo de armazón, etc., son algunos de los factores que deben ser tomados en cuenta.

El siguiente paso es evaluar el nivel de eficiencia deseado para la aplicación de que se trate. En estas circunstancias, la elección de un motor de este tipo puede ser la mejor alternativa. Sin embargo, debido a su mayor costo inicial, comparado con un motor estándar de características similares, es importante hacer un análisis de los beneficios para asegurarse que la decisión sea viable.

Cuatro conceptos son requeridos para evaluar su factibilidad económica :

#### 1- La tarifa Eléctrica:

La información del costo de energía se puede obtener a partir del recibo o bien, consultando la agencia de la compañía eléctrica en la localidad. En instalaciones industriales y comerciales básicamente está integrado por tres componentes:

##### - El cargo por energía:

Es el costo de la energía consumida en el periodo de facturación, resultado de multiplicar el número de KWh por la tarifa correspondiente en \$/KWh.

##### - Cargo de potencia

: Es el costo de la demanda máxima o facturable que se ha tenido en el periodo, resultado de multiplicar el número de KW por la tarifa correspondiente en \$/KW. Se basa en la medición de demanda media en intervalos de quince minutos, en el cual el consumo durante ese lapso es mayor. El cargo por potencia puede variar con la región del país y la época del año.

##### - Cargo por bajo Factor de Potencia:

Este cargo se aplica cuando el factor de potencia durante el período de facturación, es en promedio menor al 90%. Un bajo Factor de Potencia indica que la instalación está consumiendo una potencia reactiva (VAR) en exceso, por lo cual la compañía suministradora requiere ser compensada.

#### 2- Factor de carga:

El factor de carga se refiere al valor de la potencia que se demanda del motor, en relación con su valor de placa o nominal. Se puede calcular a partir de los datos de placa del motor y con la medición de la velocidad real de operación y de la potencia que toma de la red.

#### 3- Horas de operación:

Es el tiempo de uso del motor expresado en horas, para el período de análisis, usualmente un año. El ahorro de energía y el uso de un motor de alta eficiencia dependen en gran medida, de este valor.

#### 4- Costo de adquisición:

El mayor costo de los motores de alta eficiencia es algo importante a considerar en el análisis. Sin embargo, la consulta entre varios distribuidores y fabricantes es una práctica obligada ya que con frecuencia se ofrecen descuentos sobre los precios de lista, que pueden variar incluso entre distribuidores de una misma marca. Es

conveniente asegurarse del costo efectivo de adquisición de los motores para tener una mayor certidumbre en las estimaciones.

Recordamos que la potencia ahorrada al utilizar un motor de alta eficiencia, en lugar de uno estándar, se establece a partir de la siguiente fórmula:

$Pa = 0.746 \times HP \times L \times (100 / Estd - 100 / Eae)$  donde:

Pa = Ahorro en potencia

HP = Caballos de potencia

L = Factor de carga

Estd = Eficiencia del motor estándar(%)

Eae = Eficiencia del motor de alta eficiencia(%).

De allí se calcula el ahorro en moneda nacional aplicando a la energía las tarifas correspondientes y el número de horas de operación al año (ver desarrollo matemático, capítulo 4).

#### ¿Cuándo utilizar motores de Alta Eficiencia ?

Cada usuario tiene múltiples requerimientos que satisfacer para asegurar la operación correcta y económica de sus accionamientos con motores eléctricos. La eficiencia es sólo uno de ellos; no obstante, en las siguientes condiciones, el empleo de los motores de alta eficiencia debe ser considerado:

- a- En instalaciones nuevas
- b- Cuando se realicen modificaciones mayores en procesos existentes.
- c- En lugar de rebobinar motores estándar que han fallado sobre todo cuando tienen más de 15 años de uso; eso es válido también para los que ya han sido rebobinados y que operan más de 2000 horas al año.
- d- Para reemplazar motores estándar que operan normalmente sobrecargados o con baja carga.
- e- En la adquisición de equipos de accionamientos nuevos tales como aires acondicionados, compresores y sistemas de bombeo.
- f- Cuando se desea reducir los costos de operación sustituyendo a los motores viejos u obsoletos.

### 3-1.3 El variador de velocidad

#### a- Fundamentos básicos:

El variador de velocidad es un control para el motor de inducción tipo jaula de ardilla, que es el motor más económico, simple que hay y por lo tanto el más usado en la industria por estas ventajas. El variador conocido como convertidor de frecuencia variable, energiza, protege y permite la variación de la velocidad en el motor ya que muchos procesos requieren de diferentes pares y velocidades. El suministro de energía se realiza a frecuencias que van de 0 hasta 120 Hz o más; por lo tanto la velocidad cambia en la misma proporción permitiendo al motor de girar lento o muy rápido [5].

La ventaja principal del convertidor de frecuencia es de disminuir los consumos de energía eléctrica en algunos procesos que controla ayudando así a reducir los costos de operación.

Hay variadores de velocidad de corriente directa y de corriente alterna. Los primeros, por medio de inserción de resistencias en el estator o el rotor provocan caídas de tensión en la alimentación del motor, lo cual se va reflejando directamente como cambio en la velocidad. Los otros son los más utilizados y constituyen nuestro centro de atención.

La manera como un variador de velocidad convierte el voltaje y la frecuencia constante en voltaje y frecuencia variable, se basa en un proceso de dos pasos principales:

La corriente alterna es rectificadora y convertida a voltaje de corriente continua, después se invierte y se vuelve a entregar corriente alterna pero con diferente frecuencia y voltaje.

#### - Rectificador:

La parte rectificadora convierte el voltaje de corriente alterna (c. a.) en voltaje de corriente directa (c. d.) por medio de un puente de diodos o rectificadores controlados de silicio (SCR's) que permiten el paso de corriente en un solo sentido.

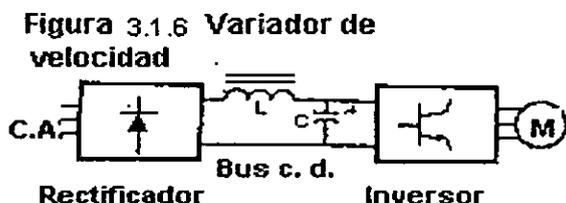
El voltaje de línea de c. d. es 1.4 veces mayor al voltaje de c. a. pues toma el valor pico de voltaje en c. a. y no el voltaje RMS; de este modo, el voltaje en el bus de c.d. de un variador de velocidad con alimentación de 460 v. c. a. será de 648 v. c. d.

Una vez que se tiene la c. d., ésta se filtra y se suaviza a través de capacitores para uniformarla lo más posible antes de entregarla a la parte inversora.

#### - Inversor:

En esta sección el voltaje en c. d. se invierte y vuelve a tomar la forma alterna por medio de rectificadores controlados de silicio (tiristores o transistores de potencia)

conectados directamente a la línea de c. d. y controlados por microprocesadores pero esta vez con una frecuencia y voltaje variable. Esta generación trifásica de c. a. al realizarse a través de aperturas instantáneas de los transistores aunque tiene ciclos positivos y negativos, toma la forma de una onda cuadrada e interrumpida según las necesidades de frecuencia pero mantiene la misma relación voltaje/frecuencia para el motor. La figura 3.1.6 muestra un esquema de la interconexión entre el rectificador, el inversor y el motor.



#### b- Tipos de variador de velocidad

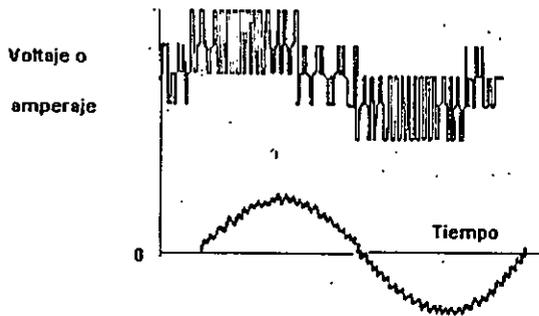
Hay tres tipos principales de tecnologías utilizadas en los variadores:

##### 1- Modulación del ancho de pulso (PWM)

Ha sido la tecnología más usada para controlar motores desde 0.5 hasta 500 HP, debido a su confiabilidad, adaptación y porque genera la menor cantidad de armónicas a la línea.

La sección de inversión es realizada por transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) los cuales regulan el voltaje y frecuencia para simular un voltaje que aunque de onda cuadrada es muy similar al senoidal.

Figura 3.1.7 Modulación del ancho de pulso



El término "modulación del ancho del pulso" explica como cada transición a voltaje alterno es una serie de pulsos cortos de diferente ancho. Variando el ancho del pulso en cada ciclo, el promedio simula la onda senoidal. El número de transiciones del positivo al negativo por segundo determina la frecuencia suministrada al motor. Al tener un mayor número de pulsos en cada medio ciclo, el ruido asociado a los motores controlados por variador de velocidad se reduce (figura 3.1.7).

**Ventajas:** Genera menos armónicas que los demás. La modulación puede ser de pulso único, de pulsos múltiples o modulación senoidal. El incremento del número de pulsos es la forma de reducir las armónicas subiendo así el orden de las mismas. Un variador de velocidad puede controlar a la vez varios motores y tiene una inversión inicial baja.

**Desventajas:** Calentamiento del motor en algunas aplicaciones debido a la alta frecuencia de resolución que puede tener rangos desde 2 KHz hasta 15 KHz.

## 2- Inversión de la corriente de alimentación (CSI)

Este caso consiste en hacer ajustes por medio de rectificadores controlados de silicio (SCR's), que regulan la potencia de entrada y la convierten en un voltaje variable de c.d. Este voltaje es regulado según las necesidades para mantener la relación voltaje / frecuencia adecuada, y es más sensible con respecto a la corriente que al voltaje.

Los SCR's también realizan la función de la inversión; esta tecnología requiere de un inductor de gran tamaño para operar.

**Ventajas:** Alta eficiencia, seguridad debido a la limitación de la corriente en cuanto a protección y la capacidad de regeneración donde sea posible.

**Desventajas:** Decremento del factor de potencia conforme disminuye la velocidad, disfunción del motor en velocidades menores a 20 Hz, el tamaño de los equipos es mayor.

### 3- Inversión de voltaje ajustable (VSI):

Es muy similar a la CSI por tener rectificadores controlados de silicio (SCR's) para regular el voltaje de c. d. Su sección de inversión produce una salida de 6 pasos, pero no es un regulador de corriente como en el CSI sino un regulador de voltaje y tiene transistores (SCR's) o tiristores de compuerta.

**Ventajas:** Simplicidad en el diseño y la capacidad de controlar varios motores.

**Desventajas:** Una gran generación de armónicas, disfunción en velocidades bajas, necesidad de transformador de aislamiento y un pobre factor de potencia.

Es preciso señalar que la tecnología de Modulación del Ancho del Pulso (PWM) es más usada por su bajo costo y confiabilidad. Cabe recordar que las armónicas aportadas por los equipos electrónicos constituyen un costo adicional para el sistema. El límite recomendado por Norma en este caso es de 5% de distorsión armónica total..

### c- Ahorro de energía con variador de velocidad

Su aplicación (para que sea favorable) debe de ser en los procesos de par variable que involucran movimientos de fluidos como agua y aire; el mayor número de estas aplicaciones son bombas y ventiladores centrífugos. El caudal Q desplazado (en volumen por unidad de tiempo) siempre estará relacionado proporcionalmente a la velocidad del impulsor, a mayor velocidad, mayor desplazamiento de flujo, mayor presión y potencia demandada. Entonces, cuando se reduce el flujo, se reduce automáticamente la velocidad y por lo tanto la potencia demandada [5].

Sea una velocidad inicial del motor (en marcha) de RPM1 y por disminución en un momento dado del flujo, tenemos una velocidad menor de RPM2. La reducción en la presión y en el consumo de potencia en el punto 2 se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Presión 2} = (\text{RPM2})^2 / (\text{RPM1})^2$$

$$\text{Potencia 2} = (\text{RPM2})^3 / (\text{RPM1})^3$$

Si nos basamos en los caudales desplazados en cada una de las 2 velocidades, tendremos:

$$P1 = (H \times Q1 \times Y) / (36 \times Eb)$$

$$P2 = (H \times Q2 \times Y) / (36 \times Eb)$$

Con  $Q1 > Q2$

El ahorro será de  $P1 - P2$

Q = Caudal en (M<sup>3</sup>/ hora)  
H = Altura de la columna en (Bar)

$Y$  = Peso específico del medio en ( $\text{Kg} / \text{dm}^3$ )

$E_b$  = Eficiencia de la bomba

$P_a = P_1 - P_2$

$P_a$  = Potencia ahorrada en ( $\text{Kw}$ ).

#### Ventajas adicionales del variador de velocidad :

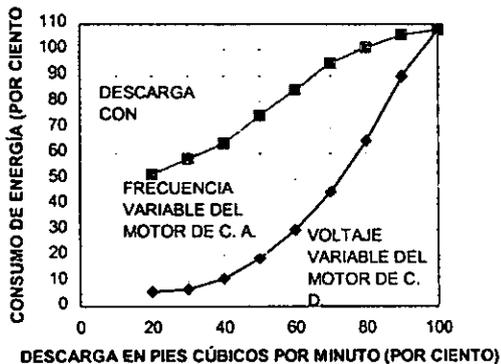
Se mantiene la opción de poder instalarlo de la manera convencional a través de un By-Pass para operarlo de las 2 maneras diferentes; ayuda al control de la presión, a la reducción de los picos de arranque que consume la bomba. Tiene menores costos de mantenimiento y es compatible con los diferentes sistemas de administración y control de la energía, debido a sus terminales, salidas analógicas y digitales. Para seleccionar un variador de velocidad, se necesita entre otros datos: la potencia nominal, el voltaje de operación, las velocidades máxima y mínima del motor. De este modo se puede obtener un ahorro de energía hasta de un 40%.

La figura 3.1.8 muestra las curvas de ahorro potencial de energía usando una variable de manejo de velocidad con respecto al método de estrangulamiento.

Figura 3.1.8 Consumo típico de energía de motor para ventilador centrífugo:

Curva superior: sistema de control a base de amortiguador de descarga.

Curva inferior: control de frecuencia variable o por variación de voltaje en corriente directa.



## **3-2- MARCO DE REFERENCIA SOBRE EL AHORRO DE ENERGÍA.**

### **3-2.1 Datos sobre consumo de energía eléctrica en México**

México es uno de los países de mayor consumo en esta rama, debido a la amplitud del uso de la electricidad tanto en el D.F. como en provincia. El crecimiento de los sistemas de distribución de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de la Compañía de Luz y Fuerza (L y F) es proporcional al del número de usuarios y del consumo de energía eléctrica de los mismos. En los últimos años, esos indicadores han crecido a una tasa media anual de 5 y 5.2%, respectivamente. A modo de ejemplo, del periodo de 1988 a 1994 el sistema de distribución creció en 3,109 Kms de líneas de Subtransmisión y en 87,988 Kms de líneas de distribución, lo que significa un aumento de 3.62%; en subestaciones; la capacidad instalada subió en 4,821 Mva, o sea un crecimiento anual promedio de 4.43%.

Por lo que respecta a la población, se estima que para el año 2000 tendrán servicio 82,432 (52.59%) de las 156,734 localidades existentes en el país según el censo de 1990. Dicha cifra corresponde al 96.69% del total de habitantes del país [9].

Los consumidores están clasificados en distintos sectores que son: Residencial o doméstico, Industrial, Agrícola, General y Servicio Público. La tabla 3.2.1 (anexo A), muestra los consumos registrados de 1980 a 1996 [10].

Se puede observar que el consumo creció cada año en comparación con el inmediato anterior, prácticamente en todos los sectores con la excepción del año 1996 que contiene datos preliminares.

### **3-2.2 Alternativas de ahorro a nivel general**

En este trabajo, se trata el tema de ahorro de energía eléctrica enfocado exclusivamente a los motores eléctricos. Sin embargo, es necesario mencionar que se lleva a cabo de igual manera un esfuerzo en los otros frentes como alumbrado residencial, industrial, público municipal y alimentación de aparatos electrodomésticos.

#### **3-2.2.1- Recomendaciones en edificios**

El objetivo principal es evitar desperdiciar energía eléctrica; ejemplos de casos y acciones elementales que se proponen al usuario: apagar la iluminación artificial que en un momento determinado ya no utilice, el ventilador o aire acondicionado, la cafetera, sustituir una lámpara de 100W donde no sea necesario por una de 60W, etc.; si no se emprende acciones como éstas, se va acumulando poco a poco y de todas partes, energía consumida en demasía.

Otras medidas útiles a señalar son:

a- Eliminación o disminución de focos incandescentes: El foco incandescente es el de más bajo rendimiento; su operación está basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con el cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y solo el 5% en luz. Es más aconsejable sustituir los focos y spots por lámparas fluorescentes compactas en lugares donde el encendido no es continuo. Estas lámparas fluorescentes existen en 5, 7, 9, 13, 15 y 18 Watts para sustituir en su caso a focos de 25, 40, 60 y 75 Wats.

b) Hablando de lo más moderno, desde hace algún tiempo, existe a nivel de ciertos edificios importantes un programa inteligente de administración del consumo de energía. Se hace primero una evaluación de todas las cargas entre otras cosas: sistemas de calefacción, ventilación, refrigeración, bombeo y desde luego iluminación. En base a eso, se diseña por expertos un programa automatizado de control de todas estas variables en función de los recursos disponibles y con el fin de ahorrar la mayor cantidad de energía posible.

### **3-2.2.2- Recomendaciones en alumbrado publico municipal**

La metodología a seguir para lograr ahorrar energía consta de 3 pasos principales [13] que son:

a- Levantamiento de un censo: Tipo de fuentes (si es incandescente, fluorescente, luz mixta, vapor de mercurio, vapor de sodio alta o baja presión), potencia y ubicación.

b- Análisis de alternativas de ahorro que pueden ser fundamentalmente tres: cambio de luminario , cambio o adición de controles y finalmente cambio de lámpara y balastro como se ilustra en la tabla 3.2.2

c- Implementación de la alternativa seleccionada:  
Dividir la población en zonas y por orden de importancia.

Nota: Estas actividades deben de llevarse a cabo bajo la aprobación de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Tabla 3.2.2 Ahorros que se obtienen al cambiar lampara y balastro

SI USTED TIENE ...	CAMBIE A :	AHORRO en (%)
<b>Incandescente</b>	<b>Sodio alta presión</b>	
300 W	70 W	71
250 W	70 W	65
200 W	70 W	56
150 W	70 W	42
<b>Luz mixta</b>	<b>Sodio alta presión</b>	
500 W	150 W	63
250 W	70 W	65
160 W	70 W	45
<b>Vapor de mercurio</b>	<b>Sodio alta presión</b>	
400 W	250 W	37
250 W	150 W	40
175 W	70 W	60
<b>Vapor de sodio alta presión</b>	<b>Sodio alta presión</b>	
400 W	250 W	37
250 W	150 W	40
150 W	100 W	33

### 3.2.2.3- Cambio de Horario de Verano (año 1996)

Se conoce como cambio de horario de verano(CHV), al hecho de adelantar una hora el reloj durante los meses de mayor insolación para hacer un mejor uso de la iluminación natural en las mañanas y, en consecuencia, disminuir el uso de iluminación artificial en las tardes [11]. En el caso de México, como parte de estos estudios, en 1995 se evaluaron los ahorros reales que se obtendrían al poner en marcha este programa y entre el 7 de abril y el 27 de octubre de 1996, se aplicó en todo el país

Estudios previos muestran que el consumo en el sector doméstico, es de 43% en iluminación, 22% en conservación de alimentos, 20% en aire acondicionado, 12% en televisión y 3% en otros; las variables que influyen en la iluminación artificial son: la localización geográfica, la latitud y longitud, los hábitos, la hora de acostarse y levantarse por grupos de personas. [11].

Para evaluar el ahorro debido al horario de verano se utilizó información de dos fuentes: las mediciones puntuales en los 620 usuarios considerados en la campaña de medición (560 domésticos, 28 comerciales y 14 industriales) y la de los registros del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

El ahorro en consumo fue de 943 millones de Kwh, equivalentes al 0.83% del consumo total anual de 1995. Los usuarios domésticos pagaron 463 millones de

pesos menos. La demanda máxima disminuyó 529 Mw, equivalente al 2.6% de la demanda máxima anual. Esta cifra se asemeja a una inversión del orden de los 4200 millones de pesos. El ahorro estimado en combustible es equivalente a 1.71 millones de barriles de petróleo.

### **3-2.3- Papel de organismos como el FIDE y la CONAE en materia de ahorro.**

#### **3-2.3.1- El FIDE**

Es el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, un organismo de carácter privado, no lucrativo, creado para promover acciones que introduzcan y fomenten el ahorro de energía eléctrica en la industria, comercio y servicios.

El FIDE realiza proyectos demostrativos, da asesorías y cursos de capacitación, trata de inducir buenos hábitos de consumo eléctrico dentro de la población [5].

#### **3-2.3.2- La CONAE**

La Comisión Nacional de Ahorro de Energía es una comisión intersecretarial del Gobierno Federal, creada por acuerdo presidencial, el 28 de septiembre de 1989, para promover y facilitar acciones en materia de ahorro y uso de energía.

La CONAE está constituida por varias dependencias, (empezando desde luego por la Secretaría de Energía) y entidades como Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el Departamento del Distrito Federal (DDF). Su objetivo principal es coordinar y apoyar las medidas que faciliten y estimulen el ahorro y el uso eficiente de los recursos energéticos en la república mexicana.

## CAPITULO 4

### MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DEL MOTOR MÁS EFICIENTE

#### 4-1 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Todos los motores no tienen la misma dinámica de operación o sea el mismo ciclo de trabajo. Eso se debe a que las cargas que manejan no tienen las mismas características; por lo anterior, es de esperarse a la hora de resolver, que en cada caso se necesite un método de ahorro apropiado distinto de los demás. Para tal efecto y por comodidad, el análisis de los tipos esenciales de carga nos conduce a un agrupamiento de los motores en 4 grupos como se señala a continuación [2]:

##### 4-1.1 Motores de baja capacidad que operan en vacío o con carga ligera durante largos periodos de tiempo.

Este caso concierne sólo a motores con una capacidad pequeña (de 0.180 a 1.118 kW); la característica principal de operación de éstos motores es, que al estar conectados y funcionando con o sin carga, desarrollan pérdidas por magnetización. En el caso de éstos motores en particular, dichas pérdidas no difieren mucho de las pérdidas totales después de aplicar la carga y por lo tanto no es benéfico que operen en vacío o casi sin carga.

Como el propósito es reducir las pérdidas por magnetización durante los periodos en los cuales no se requiere del par total del motor, esto se logra reduciendo la tensión de alimentación. Un dispositivo típico para realizar esta tarea, es el controlador de factor de potencia; su modo de operar es por medio del ajuste de la tensión de alimentación aplicada al motor, con el propósito de mantener el valor del factor de potencia muy cercano a uno previamente establecido.

La evaluación técnica económica consiste en:

- a)- Conocer los datos del motor y su carga.
- b)- Fijar el valor del factor de potencia deseado.
- c)- Medir la energía consumida (kWh) durante un periodo de tiempo determinado.
- d)- Medir la energía consumida (kWh) al conectar el controlador del factor de potencia durante el mismo periodo.

#### **4-1.2- Motores con ciclo de carga continuo.**

Como su nombre lo indica los motores (de 0.746 a 149.2 kW), que están dentro de esta clasificación operan en forma continua durante el período laboral establecido, debido a la función que deben desarrollar dentro del proceso.

Esos motores son los de mayor consumo energético, por lo que se debe realizar un estudio más detallado sobre su ahorro de energía ya que este ahorro incide en forma directa en las facturas que por concepto de energía eléctrica se recibe en una empresa.

#### **4-1.3- Motores con ciclo de carga discontinuo**

Son motores que operan de manera intermitente, es decir tiene ciclos de carga - sin carga - carga y así sucesivamente. Cuando no se desconecta el motor durante los períodos "sin carga" , este sigue consumiendo energía aunque sea en menor proporción.

Como medida de ahorro de energía se trata de poner fuera de operación a estos motores, cada vez que por razones de proceso no se cuente con carga. Para aplicar lo anterior, es necesario revisar previamente que el tiempo entre cada arranque y paro del motor alcance el mínimo permisible; en la tabla 4.1.1 del anexo A , tenemos una guía sobre estos números [2].

#### **4-1.4 Motores controlados por válvulas de estrangulamiento.**

Muchos casos de ventiladores y bombas involucran el control de flujo o presión por medio de válvulas de estrangulamiento o derivación; estos controles son reguladores de potencia en serie o paralelo que realizan su trabajo por disipación de la diferencia entre la energía suministrada por la fuente y la que se va absorber.

El principal problema con este tipo de controles es, que el motor está diseñado en función de la carga máxima, lo que implica una desventaja grande cuando baja mucho la carga.

Para lograr que las pérdidas disminuyan al reducir el flujo el método más indicado es utilizar un variador de velocidad o convertidor de frecuencia que eleva o disminuye la velocidad del motor en función de la fluctuación de la carga.

A continuación, un resumen de la clasificación de los motores (tabla 4.1.2)

Tabla 4.1.2 Características de los motores y cargas.

<b>Agrupamiento de los motores</b>	<b>Clave del grupo</b>	<b>Diagnóstico principal</b>	<b>Método de ahorro de energía propuesto</b>	<b>Condiciones básicas para que proceda el método</b>
Motores de pequeña capacidad (máximo 5 Hp)	G = 1	Muchas pérdidas por magnetización y factor de potencia muy bajo	Controlador de factor de potencia	Pérdidas en vacío de mayor proporción dentro de las pérdidas totales
Motores con ciclo de carga continuo	G = 2	Motores con capacidad muy elevada para la carga que manejan ,(pero no todos).	Usar un motor sustituto de menor capacidad que haga el mismo trabajo u otro de alta eficiencia	El valor del motor sustituto obtenido debe ser menor que el del motor previo
Motores con ciclo de carga discontinuo	G = 3	Energizados aún durante los ciclos de no carga	Parar el motor durante los ciclos de no carga	El número de arranques / h no debe de rebasar los indicados por la Norma ( tabla 4.1 )
Motores controlados por válvulas de estrangulam. o derivaciones	G = 4	El motor maneja flujo ( gas, liquido.. ) y no reduce el consumo de potencia aún cuando baja la carga	Usar un variador de velocidad para que el consumo sea proporcional a la variación del flujo	Una variación sensible de la magnitud del flujo que se esta manejando

#### 4-2- DESARROLLO MATEMÁTICO

El ahorro de energía en motores eléctricos es un tema que involucra variables como eficiencia, potencia, factor de carga, pérdidas, factor de demanda, etc. Muchas de

esas variables (como las tres primeras), manejan dos valores: los valores nominales y los valores reales; los últimos son los que se obtienen en cualquier momento y que dependen de las condiciones de carga del motor en este periodo [1].

El objetivo de este desarrollo es obtener ecuaciones generales que nos permitan calcular valores reales de eficiencia, de factor de carga, etc. para fines comparativos o para deducir potencia desarrollada y finalmente energía ahorrada.

La primera fase del desarrollo matemático tiene como finalidad, verificar si el motor en operación está sobredimensionado (caso motores grupo 2) y calcular un motor sustituto de menor capacidad.

Las fórmulas de la eficiencia real está desarrollada en base a:

- a) Los coeficientes de las pérdidas en el hierro y en el cobre [1].
- b) La curva de eficiencia del motor por el método de Interpolación de Lagrange [3].

Se puede consultar el método anterior y todos los demás cálculos en **Desarrollo matemático** (anexo A).

#### **4-3 SECUENCIA PARA LA EJECUCIÓN DEL MODELO**

A continuación, tenemos un resumen sobre como funciona este modelo:

1- En el campo se hacen varias mediciones, principalmente el consumo de energía del motor, la duración de la medición, el factor de potencia, etc..

2- En función de la clasificación de cada motor, se suministran al programa los datos necesarios a partir de las bases de datos (anexo B) para ejecutar las ecuaciones. De este modo, se calculan la energía ahorrada, su costo, la inversión correspondiente, su tiempo de recuperación (por motor y luego los totales por grupo), la eficiencia real; los factores de carga inicial y final se calculan para los motores del grupo 1 en particular.

3- Como parte de los resultados, el programa especifica el tipo de corrección sugerida (sustitución del motor existente, uso de un controlador definido), según la categoría del motor.

No necesariamente se obtiene ahorro con todos los motores que se procesan; el programa detecta los casos no favorables cuando la potencia ahorrada (PA) resulta negativa después de realizar la operación correspondiente. En esos casos, el programa despliega los datos del motor acompañados del mensaje siguiente: 'Con este motor, no hay ahorro de energía ' y solicita otra iteración.

#### 4-4 ESTRUCTURACIÓN DEL PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL MODELO

El programa ejecuta los cálculos y devuelve los resultados en forma de tablas; consta de tres fases: el Diagrama de Flujo, la Documentación y la Codificación; por otro lado, esta formado por el programa principal y ocho Subrutinas (anexo B).

a) Cuatro subrutinas ligadas directamente al grupo al que pertenece el motor y que se identifican por el valor de G como clave (ver tabla 4-1.2); nos referimos a las **subrutinas Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 y Grupo4**. Se suministran datos generales como la potencia nominal (Pn), la energía consumida (Ec), el número de polos (P), la clave de Grupo (G), ..y los datos específicos del motor en turno como por ejemplo la duración del ciclo de no carga (Tnc) exclusivo del Grupo 3 (ver archivo DATOS G2-a del Anexo B).

En cada caso, se utilizan ecuaciones diferentes para los cálculos, pero la meta final es la misma: encontrar a la salida la Potencia Ahorrada **PA 1, PA 2, PA 3 o PA 4** (en Kw).

b) La subrutina **Motsus** que calcula la capacidad (en Hp) del posible motor sustituto, es complemento exclusivo del Grupo 1.

c) La subrutina **Altaef** que calcula el costo del motor de Alta Eficiencia (como una opción más). El objetivo es comparar con el motor estándar de la misma capacidad, analizar ventajas y desventajas para hacer la elección final.

d) La subrutina **TOTAL** calcula por motor, la energía ahorrada, su costo, la inversión, el tiempo de recuperación de la misma,.. y los totales de esas variables para cada Grupo de manera acumulativa; para ello, la subrutina recibe como datos de entrada, las potencias ahorradas obtenidas en los grupos, el número de horas de operación del motor al año y el costo de la energía por Kwh entre otros.

e) Finalmente, la subrutina **GLOBAL** que capta los totales de cada grupo desde la subrutina **TOTAL** para sumarlos y dar los resultados finales de la instalación considerada (Anexo B).

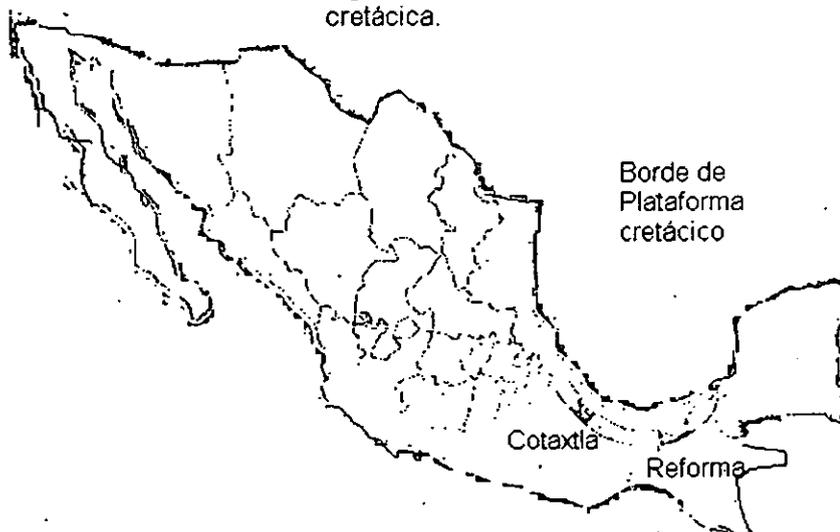
## CAPITULO 5

### APLICACIÓN DEL MODELO EN PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

#### 5-1 SELECCIÓN DE LA PLANTA O CENTRO

La sonda de Campeche es una de las 4 áreas prioritarias con que cuenta México para el desarrollo de sus recursos petrolíferos a corto plazo. Esta zona es parte de un borde de Plataforma Cretácica (figura 5.1) que se extiende 700 km aproximadamente, paralela a las costas del Golfo de México. Allí, una de las estructuras geológicas que resultaron productoras y que es nuestro lugar de aplicación, se llama **ABKATUN**. Su elección es debido a que tiene cargas propicias para nuestro estudio; por otro lado, tenemos acceso a unas mediciones realizadas en el lugar.

Figura 5.1 Mapa de localización de la zona cretácica.



En el **Complejo Marino ABKATÚN A** se llevan a cabo actividades de perforación y de tratamiento del crudo, se produce 500,000 barriles de aceite, 500 millones de pies cúbicos de Gas / día; la instalación de este centro se hizo en 1980. Desde el punto de vista estructura, esta constituido por una Plataforma Habitacional, dos de Producción, una de Compresión, una de Enlace, una de Perforación y una de Comunicación; todo eso se ilustra en la figura 5.2.



## 5-2 BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO EN DICHO LUGAR

En este caso, trataremos de explicar la función de las dos plataformas más significativas después de la de Perforación de pozos: las de **Producción** y de **Compresión**.

### 5-2.1- La Plataforma de Producción

La plataforma tiene como función separar la mezcla gas-crudo-agua procedente de los yacimientos del campo Abkatún, deshidratar el aceite producido en esta plataforma. También, se lleva a cabo el acondicionamiento de los productos (gas y aceite) para ser enviados a su destino final en forma independiente.

La plataforma consta de tres secciones:

#### a- Batería de separación gas - aceite con recuperación de vapores.

Este proceso consiste en la separación de la mezcla gas - crudo - agua que proviene de los pozos. La separación gas - crudo húmedo se lleva a cabo en dos etapas, la primera a alta presión y una segunda a baja presión.

En la primera etapa, se recibe la mezcla, se le inyecta inhibidor de corrosión, antiespumante y desemulsificante y se alimenta a un separador de agua libre, crudo y gas a 97° c y 9.1 kg/cm<sup>2</sup> man. En este equipo, se retira una cierta cantidad de agua amarga aceitosa que se envía a tratamiento. El crudo se envía a control de nivel y con dosificación de inhibidor de corrosión a través de un filtro, al separador de segunda etapa que opera a 94° c y 1.8 kg / cm<sup>2</sup> man.

- El crudo húmedo se envía mediante una Bomba Reforzadora de Crudo a la planta deshidratadora.

- El líquido separado se envía a control de nivel como recirculación al separador de segunda etapa.

- A la corriente de gas, se le adiciona inhibidor de corrosión y se envía a 7.7 kg/cm<sup>2</sup> man. y 79° c a la Plataforma de Compresión.

#### b- Deshidratación de crudo

Esta sección tiene como objetivo la deshidratación del crudo húmedo (emulsión agua-aceite) procedente de la batería de separación. La deshidratación del aceite crudo se lleva hasta 0.5% de volumen de agua, mediante el uso de desemulsificante químico y los productos obtenidos son aceite deshidratado y agua amarga aceitosa. El crudo deshidratado se envía a tierra mediante la bomba de crudo accionada por

una turbina de gas. La fase líquida es asegurada en el deshidratador mediante un control de presión que actúa sobre el gobernador de la turbina.

#### **c- Distribución de gas combustible**

El gas residual procedente de Abkatún a  $56 \text{ kg/cm}^2$  man. y  $33^\circ \text{C}$  se recibe a control de presión en el separador de combustible. El gas a  $17.6 \text{ kg/cm}^2$  man. y  $48^\circ \text{C}$  se alimenta a un cabezal que lo distribuye a: las turbinas de gas de las bombas de crudo a tierra GA-3151 AD/R a las turbinas de gas de los recuperadores de vapor PA-3101 AB/R, a los turbogeneradores eléctricos principales y al tanque acumulador de gas para arranque HA-3403.

### **5-2.2 Plataforma de compresión**

Una presión alta facilita más el manejo del gas y la presión baja no tanto aún que sirve para mantenerlo en otras condiciones.

Cada módulo de compresión está integrado por dos compresores centrífugos en los que se realizan tres etapas de compresión. Como otros equipos, tenemos los enfriadores de gas y los separadores. Allí, la función la más relevante es que se recibe el gas obtenido de la plataforma de producción, a la salida se incrementa la presión a  $1200 \text{ kg/cm}^2$  para mandarlo a tierra a través de los gasoductos.

Hasta aquí hemos hecho una descripción somera del complejo; a continuación, hablaremos de los datos que obtuvimos allí para alimentar nuestro modelo.

### **5-3 CENSO DE CARGAS**

En el Complejo ABKATÚN descrito, se hicieron mediciones de campo precisamente en la **Plataforma de Compresión**; dichas mediciones a cargo de la coordinación del Proyecto de Ahorro de Energía, Área de Combustión (Instituto Mexicano del Petróleo) no fueron exhaustivas ya que no hubo todas las facilidades..

Los datos registrados en la tabla 5.1 a continuación, representan por lo tanto, sólo una pequeña muestra de los motores en esta instalación

**Tabla 5.1** Mediciones de cargas efectuadas en la Plataforma de Compresión de Abkatún A, sonda de Campeche.

**Nota:** Los números entre paréntesis indican cuantos motores idénticos hay.

Equipo	Capacidad nominal (HP)	Tensión de fase neutro (Volts)	Corriente (Amp.)	Potencia activa (Kw)	Factor de Potencia (en atraso)	Intervalo de medición (en minutos)
Ventilador Núm.4 del módulo de compresión	125(6)	279.44	235.78	56.64	0.86	8
Enfriador de aire Núm. 1c	60(2)	264.80	58.64	5.33	0.343	24
Bomba de aceite caliente GA-4703	60(2)	266.76	68.99	13.33	0.725	15
Enfriador de aceite Núm.2 Módulo 1	60(1)	277.98	149.67	36.33	0.873	6
Bomba de Glicol, planta deshidratad	75(2)	267.29	154.00	30.57	0.743	45
Bomba de carga de Amina Núm.1c	60(2)	267.88	87.79	15.29	0.65	15
Enfriador de aceite Núm.1c Módulo 1	60(1)	278.75	154.03	27.51	0.641	14

**Equipo utilizado:**

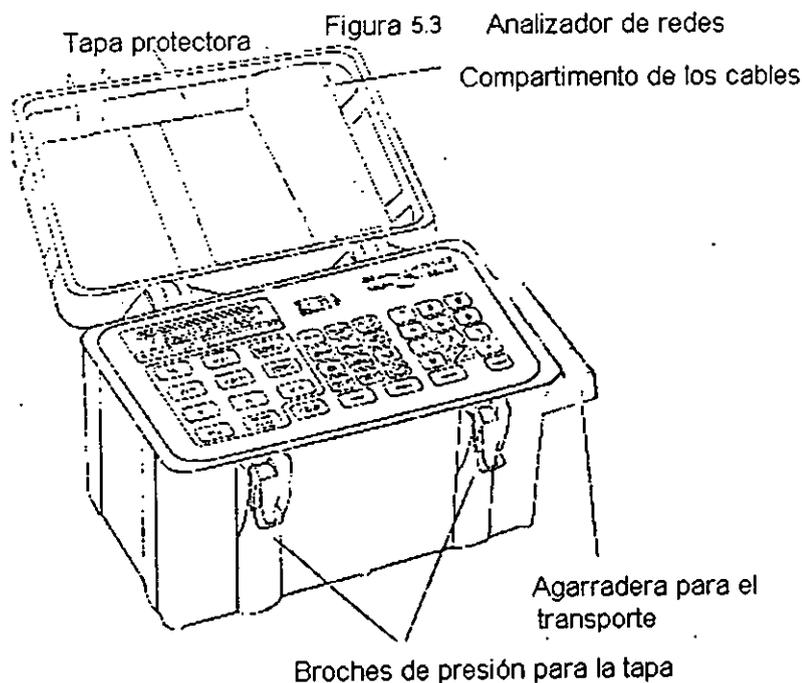
Es un Analizador de Redes cuyo nombre en ingles es TRMS POWER AND DEMAND ANALIZER, modelo 3950 (figura 4.2.1)

Este equipo es completamente programable, despliega, graba los valores críticos de algunas variables eléctricas para analizar la demanda y consumo en sistemas monofásicos o trifásicos balanceados o desbalanceados. Los datos se almacenan en la memoria para una salida directa a una impresora o a una computadora a través del interface RS232-C. El equipo tiene 40 teclas sensitivas de fácil acceso para la programación, con señal audible y agrupadas en función de su papel.

El equipo mide valores instantáneos de:

- Voltaje RMS (Volts)
- Corriente RMS (Ampers)
- Potencia activa (Wats)
- Potencia reactiva (Vars)
- Factor de potencia (de 0 a 100%) adelantado o retrasado)
- Frecuencia (Hz)

Las mediciones se pueden hacer en cada fase o para todo el sistema .



## 5-4 - APLICACIÓN DEL PROGRAMA

Se trata de suministrar al programa los datos medidos en campo (tabla 5.1), hacer las corridas necesarias y recapitular los resultados esenciales en forma de tablas (Anexo C).

Para fines de comparación se aplicaron las metodologías correspondientes al Grupo 2 y Grupo 4. Posteriormente se presentan los comentarios sobre los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones.

Nota: Las tablas etiquetadas como DATOS G2 y DATOS G4 (anexo C) contienen los datos que se suministran en las diferentes corridas.

### 5-4-1 Caso del Grupo 2 (G = 2)

Todos los valores que aparecen en las próximas tablas, son directamente extraídos y de manera sintetizada de los resultados de las corridas que para más detalles se pueden consultar en el anexo C. A continuación, tenemos una exhibición sin interrupción de los resultados y posteriormente en el inciso 5-5, se hace el análisis de los mismos.

1- Los resultados básicos se ilustran en las dos siguientes tablas (5.4a y 5-4b), partiendo de la hipótesis de que los motores son sobredimensionados.

Tabla 5.4a Resultados técnicos: Grupo 2, DATOS G2-a (Anexo B)

Nota: En cada iteración, los números en Negritas corresponden al motor sustituto

Iteración (i)	Número de motores iguales (NMI)	Voltaje nominal Vn (Volts)	Potencia nominal Pn (HP)	Factor de carga	Eficiencia nominal	Efic. real	Potencia real (Kw)
2	2	480.0	60	0.10	91.00	0.87	5.33
			<b>10</b>	<b>0.62</b>	<b>86.50</b>	<b>0.88</b>	<b>5.29</b>
3	2	480.00	60	0.27	91.00	0.89	13.32
			<b>20</b>	<b>0.80</b>	<b>88.50</b>	<b>0.89</b>	<b>13.31</b>
6	2	480.00	60	0.31	91.00	0.90	15.28
			<b>25</b>	<b>0.74</b>	<b>89.50</b>	<b>0.91</b>	<b>15.13</b>
7	1	480.00	60	0.56	91.00	0.91	27.47
			<b>50</b>	<b>0.67</b>	<b>91.70</b>	<b>0.93</b>	<b>27.06</b>

Tabla 5-4b Resultados económicos: Grupo 2, DATOS G2-b (Anexo B)

Iteración (i)	HP nominal (Pn)	Potencia ahorrada (Kw)	Energía ahorrada (Kwh)	Ahorro en unidad monetaria	Inversión	Tiempo de recuperación de la inversión (años)
2	60(10)	0.03	266.2	21034.47	3379.20	0.16
3	60(20)	0.01	53.78	16716.81	6297.6	0.38
6	60(25)	0.15	1281.03	15029.31	7641.6	0.51
7	60(50)	0.40	3482.77	5441.45	13376.0	2.46

Ahora suponemos valores distintos de algunas variables de entrada , sólo con el fin de observar y analizar su influencia sobre los parámetros de salida.

Ejemplos:

**2 Disminución del factor de carga :** Al principio, antes de arrancar con los cálculos, se define un factor de carga inicial para el motor sustituto . Por ejemplo se recomienda de 0.5 a 0.6 en donde se requiere alto par de arranque y 0.8 para ventiladores y bombas. Los resultados se ilustran a continuación:

Tabla 5.4c: Cambio de la energía ahorrada en función del factor de carga. Grupo 2, con DATOS G2-c (Anexo C)

Los números en negritas son del motor sustituto.

Iteración (i)	Potencia nominal motor (HP)	Factor de carga inicial	Potencia de motor sustituto (HP)	Energía ahorrada (Kwh / año)
2	60	0.8	10	266.20
		<b>0.6</b>	<b>15</b>	<b>86.26</b>
3	60	0.8	20	53.78
		<b>0.6</b>	<b>30</b>	<b>1824.45</b>
6	60	0.8	25	1281.03
		<b>0.6</b>	<b>40</b>	<b>2578.06</b>

**3 Aumento del Número de horas de operación al año de (8640 a 8760) o sea de 1.36%.** Los parámetros afectados y sus cambios en magnitud se muestran en la tabla 5-4.d que sigue.

**Tabla 5-4.d: Aumento del tiempo de operación del motor:**

**Grupo 2, con DATOS G2.e (Anexo B)**

Los Números en Negritas para los nuevos resultados

Iteración (i)	Potencia nominal del motor (HP)	Tiempo de operación (Horas / año)	de Potencia motor sustituto (HP)	Energía ahorrada (Kwh / año)
2	60	8640	10	266.20
		<b>8760 (+1.38%)</b>	10	<b>269.90 (+1.38%)</b>
3	60	8640	20	53.78
		<b>8760</b>	20	<b>54.53 (+1.39%)</b>
6	60	8640	25	1281.03
		<b>8760</b>	25	<b>1298.82 (+1.38%)</b>
7	60	8640	50	3482.77
		<b>8760</b>	50	<b>3531.14 (+1.38%)</b>

#### **4 Uso de motores de Alta Eficiencia**

Otra manera importante y efectiva de ahorrar energía es hacer la sustitución por motores de alta eficiencia en vez de otros motores estándar. A continuación, se muestran los resultados que se obtendrían al tomar esta opción y su comparación con el método de sustitución por motores estándar de menor capacidad. Recordamos que los motores de menor capacidad para sustitución, se obtienen cuando los motores originales son sobredimensionados como resultado de los cálculos. La tabla 5-4.e nos ilustra algunos resultados.

Tabla 5-4.e Comparación en el aspecto económico de los motores sustitutos estándar y los de alta eficiencia.

Grupo 2, con los DATOS G2-a (Anexo C)  
Valores en Negritas: motor de alta eficiencia.

Iteración (i)	Capacidad nominal (HP)	Eficiencia (%)	Inversión en unidad monetaria	Tiempo de recuperación de la inversión (años)
2	10	86.50	3379.20	0.16
	<b>10</b>	<b>89.50</b>	<b>4780.80</b>	<b>0.23</b>
3	20	88.50	6297.60	0.38
	<b>20</b>	<b>91.70</b>	<b>8518.40</b>	<b>0.49</b>
6	25	89.50	7641.6	0.51
	<b>25</b>	<b>93.00</b>	<b>10387.20</b>	<b>0.65</b>
7	50	91.70	13376.0	2.46
	<b>50</b>	<b>94.50</b>	<b>16364.80</b>	<b>2.25</b>

Nota: Los motores de las iteraciones 1, 4, 5 y 8 de 125, 60, 75 y 15 HP respectivamente son los que no dieron resultados favorables para el ahorro. El modelo los agrupa a parte y señala para cada uno el requisito que faltó durante el transcurso del proceso (ver detalles, Anexo C).

Para resumir más los resultados de las tablas anteriores, presentamos unas gráficas que permiten resaltar la relación entre algunas de las variables las más importantes.

Tabla 5.2.0 Los motores procesados hasta el final (del Grupo 2) de: 60, 60, 60, 60 (en HP)

**Gráfica G2.0: Presentación de motores en operación (motores previos)**

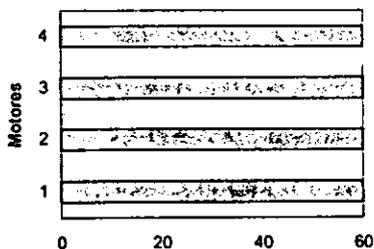


Tabla G2-1 Las potencias activas de los motores medidas en el campo (tabla 5.1).

Potencia nominal (HP)	Potencia activa (KW)
60	5.33
60	18.33
60	15.29
60	27.51

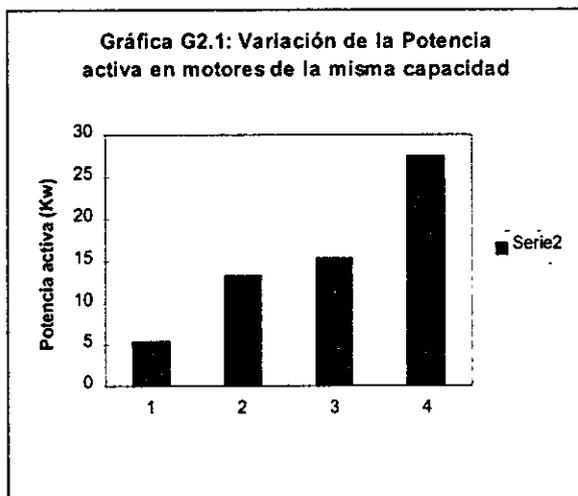
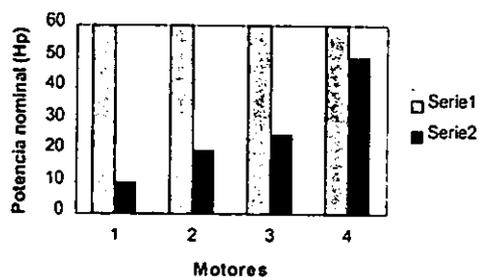


Tabla G2.2 Capacidad motores sustitutos respecto a los motores previos

HP	HP	
60	<b>10</b>	En negritas, los motores sustitutos calculados por el modelo.
60	<b>20</b>	
60	<b>25</b>	
60	<b>50</b>	

**Gráfica G2-2: Comparación de los motores originales con sus sustitutos.**



**Tabla G2.3 Factores de carga de los motores**

FC motor previo	FC motor sustituto
0.1	0.62
0.27	0.80
0.31	0.74
0.50	0.67

FC: Factor de carga

**Gráfica G2.3: Comparación de Factores de carga de los motores previos contra los sustitutos**

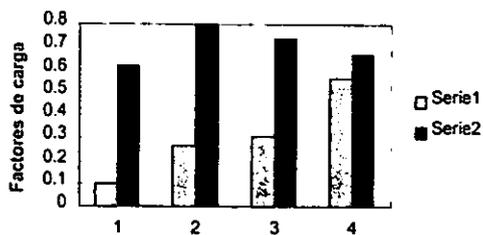
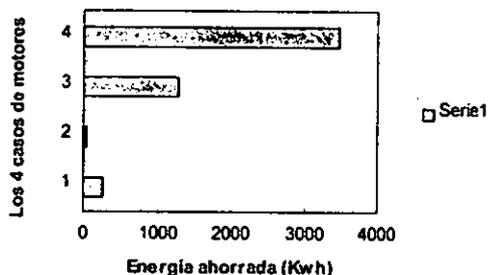


Tabla G2.4 Energía ahorrada por cada motor

Gráfica G2.4: Comparación de los 4 motores en Energía Ahorrada



#### 5-4.2 Aplicación del método del grupo 4

Se asigna el número 4 a la variable G y se ejecutan las corridas (ver Anexo C)

A continuación tenemos algunos resultados bajo las condiciones siguientes:

Velocidad nominal : 1800 RPM

- velocidad promedio de trabajo : 1170 RPM

- Tiempo de operación : 8640 Horas / año

Tabla 5-4.f Resultados de la aplicación del método del Grupo 4

Iteración (i)	Capacidad nominal (HP)	Energía ahorrada (Kwh / año)	Ahorro en unidad monetaria	Inversión en unidad monetaria	Tiempo de recuperación de la inversión (años)
1	125	354829.50	127664.70	129868.80	1.02
2	60	33373.10	12007.35	85440.01	7.12
3	60	84639.10	30383.11	85440.01	2.81
4	60	227500.80	81852.91	85440.01	1.04
5	75	191526.80	68909.77	95692.80	1.39
6	60	95763.40	34454.88	85440.01	2.48
7	60	172147.40	61937.20	85440.01	1.38
8	15	19062.90	6843.04	30144.00	4.41

A continuación, cambiaremos los valores de algunas variables de entrada para observar que efecto tienen.

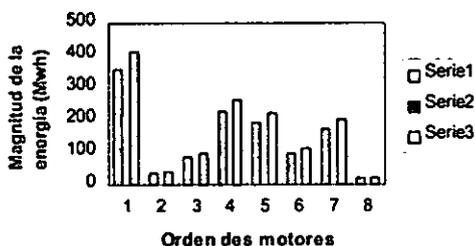
### 1 La reducción de la velocidad promedio de trabajo

La velocidad base o referencia es de 1170 RPM (65% de la velocidad nominal) y los resultados aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 5-4.g Efecto de la variación de la velocidad del motor  
En Negritas, los nuevos valores resultantes de esta variación.

Iteración : (i)	Capacidad nominal del motor (HP)	velocidad promedio de trabajo del motor (RPM)	Energía ahorrada del (Kwh)
1	125	1170	354,829.50
		<b>990 (- 15%) *</b>	<b>407,781.80 *</b> (- 15%)
2	60	1170	33,373.1
		<b>990 *</b>	<b>38,353.40 *</b> (- 15%)
3	60	1170	84,639.10
		<b>990 *</b>	<b>97,270.00 *</b>
4	60	1170	227,500.80
		<b>990 *</b>	<b>261,451.50 *</b>
5	75	1170	191,526.80
		<b>990 *</b>	<b>220,109.00 *</b>
6	60	1170	95,763.40
		<b>990 *</b>	<b>110,054.50 *</b>
7	60	1170	172,147.40
		<b>990 *</b>	<b>197,837.50 *</b>
8	15	1170	19,062.90
		<b>990 *</b>	<b>21,907.70</b>

**Gráfica G4-1: Comparación de Energía ahorrada a velocidades de 1170 y 990 RPM del motor.**



**2 La variación de parámetros** como el número de polos y la frecuencia no afectó en nada los resultados (vea el Anexo C).

**3 Resultados totales:** En cada Grupo están registrados al final, los resultados de las variables en forma acumulativa después de cada iteración como lo tenemos a continuación:

Tabla 5-4.h Comparación de resultados globales entre los dos Grupos 2 y 4.

	Número total de motores	Energía ahorrada (Kwh al año)	Ahorro en unidad monetaria	Inversión en unidad monetaria	Tiempo de recuperación de inversión (años)	de Valor presente la
G =2	7	6684.78	111002.60	48012.80	0.43	3437664
G=4	19	3396418	1221818	1744551	1.43	19093150

## 5-5 - ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS:

Aquí analizaremos los motores bajo la hipótesis de sobredimensionados para ver cuales están dentro de esta situación y posteriormente por variación de flujo debido al aumento y disminución de la producción (extracción del crudo).

### 5-5.1 Como motores sobredimensionados (grupo 2):

La aplicación del método del Grupo 2 fue favorable a los motores correspondientes a las iteraciones 2, 3, 6 y 7 (todos con capacidad de 60 HP).

Los otros motores dentro de las iteraciones 1, 4, 5 y 8 fueron separados por el programa, con mensajes de explicación como los siguientes : "Con este motor, no hay ahorro de energía" , "el motor tiene un parámetro fuera de nuestras tablas, por lo tanto no procede" , etc. Los detalles sobre eso están en el Anexo C (motores Grupo 2)

Respecto a los resultados y su interacción, se puede observar lo siguiente:

a)- Entre más baja la potencia real desarrollada , menor es la capacidad del motor sustituto y por ende menor inversión , menor tiempo de recuperación de la misma y aumento en el factor de carga. Es por ello que llama la atención el hecho de que para un mismo motor de 60 HP, se obtengan valores sustitutos tan diferentes como de 10, 20, 25 y 50 HP en diferentes casos de consumo de potencia (tabla 5-4.a).

b)- Comparando los resultados de algunos parámetros del motor previo con los del motor sustituto correspondientes, notamos que la energía ahorrada es proporcional al número de horas de operación al año. El tiempo promedio de recuperación de la inversión es pequeño (0.43 años , es decir 5 meses y medio), ver tablas 5-4.a y 5-4.b.

c)- Al reducir el factor de carga de 0.8 a 0.6 (25% menos), se incrementan la capacidad del motor sustituto (de 50% en promedio), la inversión en consecuencia y el consumo de energía (tabla 5-4.c); por lo tanto, conviene que el motor trabaje lo más cercano posible a su capacidad nominal.

d)- Otro parámetro que se calcula aquí es el valor presente que es positivo en todos los casos; eso implica que el proyecto es viable desde el punto de vista Financiero. Por otro lado, la vida útil del motor tiene influencia sobre el valor presente; este último sube de 39.8% al aumentar de 25% la vida útil (anexo B, DATOS G2-b).

e)- La aplicación de los motores de alta eficiencia dio también buenos resultados; esos motores cuestan en este caso en particular alrededor de 30% más que los estándar. El promedio del tiempo de recuperación de la inversión es menor del que se podía esperar (cerca de un año por 0.43 año de los estándar correspondientes.

#### **5-5.2- Como motores con válvulas de estrangulamiento (Grupo 4):**

a)- Contrariamente al caso del grupo2, esta vez entre mayor es la potencia real desarrollada, hay más energía ahorrada y menor tiempo de recuperación de la inversión. Aquí, el método de los variadores de velocidad es aplicable a los motores de todas las iteraciones y el de mayor capacidad (125 HP) es el más favorable en ahorro y tiempo de recuperación de la inversión que es de 1.02 años (tabla 5-4.f). La

energía total que se ahorra es mucho mayor en el Grupo 4 que en el Grupo 2 como consecuencia de lo anterior (tabla 5-4.h).

c)- La disminución del flujo se traduce en una reducción proporcional de la velocidad del motor. La baja de 15% de la velocidad promedio, provoca un aumento de 15% de la energía ahorrada. Los ejemplos siguientes muestran la relación de la energía ahorrada al usar el variador de velocidad, con la de antes de usarlo.

**Motor n0.1: Potencia nominal 125 HP :**

	Antes (1)	Después (2)	Relación (2) / (1)
Energía ahorrada (Kwh)	354,829.5	406,669.9	1.146
Tiempo de recuperación de la inversión (años)	1.02	0.89	Diferencia (1)- (2) 0.13

**Motor n0.2 de 60 HP:**

	Antes (1)	Después (2)	Relación (2) / (1)
Energía ahorrada (Kwh)	33,836.6	38,779.8	1.146
Tiempo de recuperación de la inversión (años)	7.03	6.14	Diferencia (1)- (2) 0.89

d)- Finalmente, el cambio en la frecuencia de alimentación o el número de polos para un mismo motor, no altera la cantidad de energía ahorrada.

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES

A la luz de los resultados arrojados por este modelo, llegamos a las siguientes conclusiones :

1- El procedimiento de sustitución de los motores sobredimensionados (caso del Grupo 2) es fácil de aplicar. Sus otras ventajas más importantes son: inversión no muy elevada, recuperación de ésta en un muy corto plazo.

2- El ahorro es mucho más favorable cuando el ciclo de trabajo es continuo (varias horas al día); por otro lado, no conviene que el motor trabaje a bajo factor de carga.

3- Las mayores cantidades de ahorro de energía eléctrica se registraron sin duda en el caso del método del grupo 4. Las variaciones constantes de carga (flujo) son las que hacen de la variación de velocidad del motor, un recurso favorable para el ahorro. Un caso típico de esta situación es cuando en las plantas, baja mucho la producción por falta de recursos o por necesidad dentro de la planeación; la carga en estas circunstancias, puede disminuir a veces hasta el 20% de la nominal.

4- Los variadores de velocidad (para el caso del grupo 4) se encuentran fácilmente en el mercado, son programables y ajustables en función de las características de la carga. La recuperación de la inversión se logra también en corto plazo (1.43 años en promedio, ver tabla 5-4.f).

5- En nuestro ejemplo de aplicación, el uso de los motores de alta eficiencia es muy favorable. Con ellos, se ahorra más al ocupar el lugar de los motores de servicio continuo. De este modo, nunca se debe de olvidar que representan una alternativa importante y recomendable cuando se dispone de los recursos monetarios necesarios.

6- Los métodos descritos aquí, son prácticos, sencillos y permiten ahorrar energía eléctrica como lo muestran las cifras en la discusión de resultados. Es un programa útil por , entre otras, las razones siguientes:

a) Hay cada día más personas e industrias interesadas en usar mejor su energía para disminuir costos y abatir contaminación.

b) Vale la pena el esfuerzo para el ahorro, debido al futuro incierto en la capacidad de abasto de los hidrocarburos y de las fuentes no renovables en general.

7- Finalmente, la aplicación de este programa puede contribuir a:

a) Para el ambiente: reducir la contaminación atmosférica, alargar la vida de los recursos no renovables.

b) Para el sector eléctrico: dar flexibilidad para atender la demanda, disminución en los costos de producción y suministro.

### **SUGERENCIAS:**

Reunir los datos necesarios de las cargas incluyendo la clave de grupo del motor, para correr el programa. Para el caso del grupo 2, cuando no hay suficientes recursos financieros, programar y proceder a una sustitución por partes. La sustitución de motores viejos por los de alta eficiencia es muy benéfica a mediano y largo plazo, por lo tanto es recomendable evaluar también este método antes de elegir la opción final. De la misma manera, en los métodos de los otros grupos, se puede proceder de manera gradual o masiva.

## **A N E X O A**

- Algunas tablas de los capítulos 3 y 4
- Desarrollo matemático (ligado al capítulo 4)

Tabla 3.1.1: Motores trifásicos estándar ( cerrados )  
Eficiencias nominales a plena carga en ( % )

Potencia Nominal en KW	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
0.746	74.0	75.5	75.5	72.0
1.119	77.0	80.0	78.5	75.5
1.1492	80.0	81.5	78.5	75.5
2.238	81.5	81.5	80.0	75.5
3.730	82.5	84.0	81.5	82.5
5.60	84.0	86.5	82.5	84.0
7.46	85.5	86.5	84.0	85.5
11.19	85.5	87.5	85.5	85.5
14.92	86.5	87.5	86.5	86.5
18.65	86.5	89.5	86.5	86.5
22.38	87.5	90.2	87.5	87.5
29.84	88.5	90.2	88.5	88.5
37.30	88.5	91.0	88.5	89.5
44.76	89.5	91.7	89.5	89.5
55.95	89.5	91.7	90.2	89.5
74.60	90.2	92.4	90.2	90.2
93.25	91.0	92.4	91.0	91.0
111.90	91.0	92.4	91.0	91.7
149.20	91.7	93.0	91.7	91.7

Tabla 3.1.2 : Motores trifásicos estándar (abiertos)  
Eficiencias nominales a plena carga en ( % )

Potencia Nominal (KW)	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0.746	72.0	72.0	72.0	72.0
1.119	72.0	74.0	74.0	74.0
1.492	74.0	75.5	75.5	75.5
2.238	80.0	81.5	80.0	78.5
3.730	80.0	81.5	80.0	80.0
5.60	81.5	82.5	81.5	81.5
7.46	82.5	82.5	82.5	82.5
11.19	84.0	84.0	84.0	84.0
14.92	84.0	84.0	84.0	84.0
18.65	86.5	86.5	86.5	86.5
22.38	87.5	88.5	87.5	87.5
29.84	88.5	89.5	88.5	88.5
37.3	89.5	89.5	89.5	89.5
44.76	90.2	90.2	90.2	90.2
55.95	90.2	90.2	90.2	90.2
74.6	90.2	91.0	90.2	90.2
93.25	91.0	92.4	91.0	91.0
111.9	91.0	92.4	91.0	91.0
149.2	91.7	93.0	91.7	91.7

Tabla 3.2.1 Ventas nacionales de energía eléctrica (en Gigawat / hora )

1 Gigawat / hora = 1000,000 Kilowats / hora

\* Cifras preliminares

Año	Total	Industrial	Agrícola	Doméstica	General	Servicio Público
1980	52,026	28,744	3,746	10,038	5,893	3,605
1981	56,980	31,731	3,842	11,211	6,294	3,902
1982	61,444	33,254	4,801	12,511	6,687	4,191
1983	62,133	34,300	4,440	12,980	6,551	3,862
1984	66,140	37,471	4,646	13,411	6,736	3,876
1985	70,497	40,115	4,962	14,285	7,023	4,112
1986	72,828	40,948	5,413	15,079	7,073	4,315
1987	77,449	44,071	6,006	15,712	7,167	4,493
1988	81,885	46,893	6,409	16,825	7,317	4,441
1989	88,537	50,284	7,216	18,813	7,798	4,426
1990	92,123	52,213	6,707	20,389	8,285	4,529
1991	94,767	52,986	6,497	21,984	8,597	4,703
1992	97,571	53,704	5,672	24,051	9,246	4,898
1993	101,277	55,106	5,919	25,511	9,503	
1994	109,534	60,051	6,551	27,781	9,865	5,286
1995	113,365	63,280	6,690	28,462	9,649	5,284
* 1996	96,329	55,966	7,384	23,009	6,275	3,695

Tabla 4.1.1 Número máximo de arranques permitidos por hora y tiempo mínimo entre arranques consecutivos en función de la potencia del motor (NEMA A y B)

hp	2 Polos			4 Polos			6 Polos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	15	1.2	75	30	5.8	38	34	15	33
1.5	12.9	1.8	76	25.7	8.6	38	29.1	23	34
2	11.5	2.4	77	23	11	39	26.1	30	35
3	9.9	3.5	80	19.8	17	40	22.4	44	36
5	8.1	5.7	83	16.3	27	42	18.4	71	37
7.5	7.0	8.3	88	13.9	39	44	15.8	104	39
10	6.2	11	92	12.5	51	46	14.2	137	41
15	5.4	16	100	10.7	75	50	12.1	200	44
20	4.8	21	110	9.6	99	55	10.9	262	48
25	4.4	26	115	8.8	122	58	10.0	324	51
30	4.1	31	120	8.2	144	60	9.3	384	53
40	3.7	40	130	7.4	189	65	8.4	503	57
50	3.4	49	145	6.8	232	72	7.7	620	64
60	3.2	58	170	6.3	275	85	7.2	735	75
75	2.9	71	180	5.8	338	90	6.6	904	79
100	2.6	92	220	5.2	441	110	5.9	1181	97
125	2.4	113	275	4.8	542	140	5.4	1452	120
150	2.2	133	320	4.5	640	160	5.1	1719	140
200	2.0	172	600	4.0	831	300	4.5	2238	265
250	1.8	210	1000	3.7	1017	500	4.2	2744	440

Donde:

A = Número máximo de arranques por hora.

B = Producto máximo de arranques/hora por las pérdidas por aceleración(  $Wk^2$ )

C = Tiempo mínimo de apagado del motor en segundos.

Para calcular el número definitivo de arranques por hora, se toma el menor entre (1)A o (2)B dividido por las pérdidas por aceleración  $Wk^2$ . Dicho de otra manera:

$$\text{Número de Puesta en servicio por hora} \leq A \leq \frac{B}{\text{Carga } Wk^2}$$

No se debe rebasar esos valores con el fin de evitar los posibles efectos negativos señalados anteriormente. Es necesario recordar también que los arranques repetitivos tienen efectos colaterales como son sobreesfuerzo de los devanados, tendencia a reducir la vida útil del motor.

## DESARROLLO MATEMÁTICO (viene del capítulo 4)

### 4-2.1 Eficiencia y carga del motor

En las figuras 4-2.1 y 4-2.2, tenemos curvas típicas de eficiencia para motores de inducción AC de 15 HP y 2HP; se puede observar que la eficiencia empieza a decaer por debajo de un factor de carga de 50% y de manera más pronunciada en los pequeños motores. La baja eficiencia a bajo factor de carga provoca una demanda de potencia desproporcionada para los motores sobredimensionados

Las curvas aquí señaladas tienen aproximadamente una forma hiperbólica que se representa matemáticamente de la forma siguiente:

$$e = \frac{k_1 L}{k_2 + k_3 L} \quad \text{Ec. 4.1 donde:}$$

e es la eficiencia en cualquier punto

L es el factor de carga del motor

k1, k2 y k3 son constantes.

**Notación:** De las variables que utilizaremos en las fórmulas, las letras mayúsculas representan los parámetros del motor a plena carga y las minúsculas, los parámetros obtenidos en función de la carga real:

H = Potencia nominal del motor en caballos (HP)

h = Potencia real de operación en (HP)

I e i : Corriente a plena carga y corriente real respectivamente

F y f son factores de potencia

E y e son las eficiencias correspondientes (Ver figuras 4-3.1 y 4-3.2)

P y p son las potencias desarrolladas a plena carga y a carga parcial.

Las variables anteriores están relacionadas por las siguientes ecuaciones:

- Potencia desarrollada en función de la eficiencia real:

$$P = H / E \quad \text{y} \quad p = h / e \quad \text{Ec. 4-2}$$

- Factor de carga: Es la potencia real entre la potencia nominal

$$L = h / H \quad \text{Ec. 4-3}$$

- Factor de demanda: Potencia real entre la potencia a plena carga

$$d = p / P \quad \text{Ec. 4-4}$$

- Relación de corrientes

$$c = i / I \quad \text{Ec. 4-5}$$

- Relación de eficiencias:

$$r = e / E$$

Ec. 4-6

- Relación de factores de potencia:

$$m = f / F$$

Ec. 4-7

Los elementos que influyen sobre el factor de carga de manera precisa:

$$L = p_e / PE = d r$$

Ec. 4-8

Por otro lado también:

$$L = (i f e) / (I F E) = c m r$$

Ec. 4-9

De allí, vemos que usar solamente la relación de corrientes  $i / I$  daría un valor sobreestimado del factor de carga ( $L$ ) ya que el producto  $m r$  es menor que la unidad; mientras que  $L = c m r$  sería con más precisión, también se puede obtener con gran aproximación por medio de  $c$  o  $d$ .

El modelo determina el valor real de la potencia desarrollada en el eje ( $h$ ) en HP y la eficiencia ( $e$ ) correspondiente a la carga aplicada.

#### **Método de las pérdidas para obtener la eficiencia real**

Otro método para calcular la eficiencia del motor se basa sobre las pérdidas que se describen a continuación:

$P_e$  = pérdidas del motor a plena carga en KW.

$p_e$  = pérdidas en función de la carga aplicada

Las pérdidas en el hierro que son constantes,

Las pérdidas en el cobre que varían con el cuadrado del factor de demanda.

$$e = (p - p_e) / p$$

Ec. 4-10

En un motor de inducción estándar las pérdidas a plena carga ( $P_e$ ) son:

$$P_e = P (p_e - E) \text{ en KW}$$

Ec. 4-11

P: Potencia desarrollada a plena carga

Figura 4-2.1 Características de carga  
15 HP, 4 Polos, 1458 RPM, 415 V, 20 A

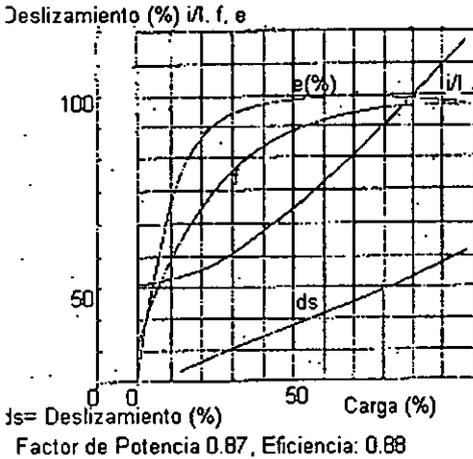
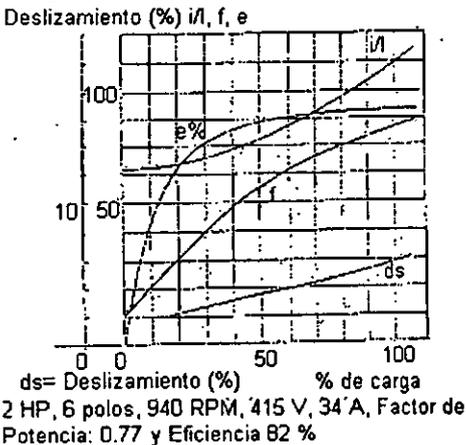


Figura 4-2.2 Características de la  
carga (motor de 2 HP)



Una separación típica en sus diferentes componentes nos da:

**a- Pérdidas en el hierro y otras:**

Por dispersión	12%
En el hierro	30%
Mecánicas	2%
Total	44% o sea un factor de pérdidas de 0.44 (K4)

**b- Pérdidas en el cobre:**

En el primario	40%
En el secundario	16%
Total	56% , es decir un factor de pérdidas de 0.56 (K5)

En realidad, esos factores de pérdidas varían según el motor y K5 por ejemplo esta dentro del rango de 0.55 a 0.6 en general.

Las pérdidas bajo carga parcial en función del factor de demanda, se pueden calcular en cualquier momento por medio de la relación:

$$\text{per} = \text{Per} [ K4 + K5 ( d )^2 ] \quad \text{Ec. 4-12}$$

K4 y K5 son constantes estrechamente ligadas a las pérdidas en el hierro y en el cobre respectivamente ; cuando no están disponibles como datos, se encuentran por análisis regresivo de los parámetros característicos del motor en turno.

Alternativamente, las pérdidas a carga parcial se pueden estimar en función de la relación de las corrientes c de la siguiente manera.

$$\text{per} = \text{Per} [ K6 + K7 ( c )^2 ] \quad \text{Ec. 4-13}$$

K6 = Factor de pérdidas en el hierro y K7 en el cobre.

En ambos casos, la suma de las constantes debe dar la unidad.

$$K4 + K5 = 1 \text{ y } K6 + K7 = 1$$

De las ecuaciones 4-10, 4-11, 4-12, 4-13 se desprende que la eficiencia es :

$$e = ( \text{per} - E ) [ K4 + K5 ( d )^2 ] / d \quad \text{Ec. 4-14}$$

y también:

$$e = ( \text{per} - E ) [ k6 + k7 ( c )^2 ] / d \quad \text{Ec. 4-15}$$

El principal problema relativo a este método es que los factores de pérdidas (k4, k5, k6 o k7) son diferentes para cada motor y en general no se incluyen en la lista de datos técnicos, lo que muchas veces dificulta disponer de ellos.

**4-2.2 La selección del motor sustituto**

Se trata de calcular un nuevo motor para reemplazar al ya existente por estar sobredimensionado

El primer paso es seleccionar un nuevo factor de carga en base a la experiencia. Por ejemplo cuando los requerimientos del par de arranque son altos, se puede tomar L como 0.5 o 0.6.

Para el caso de las bombas o ventiladores, el factor de carga L se toma generalmente como 0.8 o sea más alto.

Antes de proseguir, es preciso señalar que los cálculos se empiezan con el motor en operación. De este modo la secuencia es la siguiente:

Medir el consumo del motor en Kwh durante un intervalo de tiempo definido ( en Horas ) y conociendo su potencia nominal ( Hp ) y su eficiencia a plena carga, se calcula:

a- La potencia demandada  $p$  (Kw), dividiendo los Kwh entre el tiempo de medición, luego el factor de demanda, el factor de carga y la eficiencia bajo esas condiciones de trabajo usando las ecuaciones anteriormente mencionadas:

Potencia promedio:  $p = \text{Energía} / \text{Tiempo de operación}$  o sea  $\text{Kwh} / \text{Horas}$  [ KW]

Factor de demanda  $d = p/P$

b- La eficiencia real:  $e$  de la Ec. 4-14

c- Las constantes  $k_4$  y  $k_5$  que son los factores de pérdidas

d- El factor de carga  $L = (d \cdot e) / E$  Ec.4-8

e- La potencia de salida en el eje:  $h = L \cdot H$  (en HP)

En seguida se procede al cálculo del motor sustituto

a- Su potencia real de salida (  $h$  )

b- La potencia nominal en Hp con la siguiente fórmula:

$H = h / L$  cuyo valor se redondea al número inmediato superior si el caso se presta a ello y actualizar L

c- El factor de demanda  $d$  a partir de la ecuación 4-4

d- La eficiencia real  $e = L \cdot E / d$ .

#### 4-2.3 El cálculo de la energía ahorrada

Sea  $p$ , la potencia demandada por el motor en operación considerado como sobredimensionado (tesis a comprobar o refutar en base a los resultados de los cálculos preliminares).

$$P = h/e = (0.746 h) / e \quad \text{Ec. 4-17}$$

Sea  $p'$  la potencia desarrollada por el motor calculado como posible sustituto del sobredimensionado:

$$p' = (0.746 h) / e' ; e = \text{eficiencia real del nuevo motor}$$

Se deduce la potencia ahorrada aplicando cualquier de las 3 ecuaciones siguientes:

a- La diferencia entre las potencias  $p$  y  $p'$

$$P_s = p - p' \quad \text{Ec. 4-16}$$

$P_s =$  potencia ahorrada en kw

b- En porciento de la potencia inicial (p).

$$ps = [ ( p - p' ) / p ] \times 100 \quad \text{Ec. 4-18}$$

c- En función de las eficiencias reales en porciento

$$Ps = [ ( e' - e ) / e ] \times 100 \quad \text{Ec. 4-19}$$

e = eficiencia del motor en operación

e' = eficiencia del motor sustituto

Se contabiliza el número de horas de operación del motor al año ( TO ).

La energía ahorrada ( Kwh ) = potencia ahorrada ( kw ) x TO

El ahorro expresado en aspecto monetario se obtiene multiplicando la energía ahorrada por el costo del Kwh aplicando la tarifa eléctrica correspondiente.

Para el caso especial de los motores con ciclo de carga discontinuo, se calcula primero la energía consumida como si fuera continua la operación y se resta la energía que se dejaría de consumir durante los ciclos de no carga.

#### **Cálculo de la energía ahorrada usando un motor de alta eficiencia.**

El único inconveniente de esos motores es su precio alto, pero son recomendados en varios casos (ver capítulo 3-1.2). Con este método, el ahorro anual se puede expresar de la siguiente manera:

$$Ah = 0.746 \text{ HP L } cu \text{ T } ( 100 / ea - 100 / eb ) \quad \text{Ec. 4-20, en donde:}$$

HP = Potencia nominal del motor

cu = costo unitario del KWH.

L = Factor de carga en %

T = Tiempo de operación del motor en Horas / año

ea = Alta eficiencia

eb = Eficiencia estándar

Ah = Ahorro anual en unidad monetaria

#### **4-3.4 Cálculo del valor presente:**

El dinero invertido hoy a una tasa de interés específica se incrementará en valor en una fecha futura; a la inversa, el dinero ganado en algún momento en el futuro puede ser expresado en el presente de la siguiente manera:

$$\text{Valor Presente} = 1 / ( 1+i )^n \times \text{ahorro anual} \quad \text{Ec 4-21 en donde:}$$

i = Tasa de interés anual

n = año de ahorro

En este caso, se consideran constantes los costos de la energía.

**Ejemplo:** El valor presente ( Vp ) de un ahorro de 100 M.N., con i = 10%, para 2 años es:

$$[ 1 / ( 1+0.1 )^1 ] \times 100 = 90.91 \text{ M.N.}$$

$$\left[ \frac{1}{(1+0.1)^2} \right] \times 100 = 82.84$$

$$VP = 90.91 + 82.84 = 173.2 \text{ M.N.}$$

Este cálculo se puede simplificar en un sólo paso como sigue:

$$VP = \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \times \text{ahorro anual} \quad \text{Ec. 4-22}$$

Ahora tomando en cuenta los incrementos en el costo de la energía eléctrica a través del tiempo, tendremos la modificación correspondiente como sigue:

$$\text{Tasa de interés efectiva: } ie = \left[ \frac{(1+ir)}{(1+ip)} \right] - 1 \quad \text{Ec. 4-23}$$

$ir$  = Tasa de interés anual o tasa de retorno

$ip$  = Porcentaje de incremento anual en el costo de la energía y el Valor Presente :

El valor presente VP es igual a :

$$VP = S \left[ \frac{(1+ie)^n - 1}{ie(1+ie)^n} \right] \quad \text{Ec. 4-24}$$

$S$  = costo del ahorro inicial de energía

Los valores de la expresión entre corchetes constituyen el valor presente equivalente y se pueden seleccionar de una tabla que tiene combinaciones para varios años a diferentes tasas (factor de valor presente).

#### 4-2.5 Método de obtención de la eficiencia real en función de la carga

El factor de carga indica el grado de aprovechamiento de la capacidad de un motor y la eficiencia, el grado de rendimiento del mismo. Entre más altos esos parámetros, se logra mayor ahorro de energía eléctrica; por esta razón, la parte más importante dentro del desarrollo matemático de nuestro modelo es poder deducir en cualquier punto de operación el valor de la eficiencia correspondiente. En una fase posterior, se calculan entre otros, la energía ahorrada y su costo.

Dadas las limitaciones que presenta el método de las pérdidas (capítulo 4-2.1), la alternativa que utilizamos en nuestro caso para desarrollar ecuaciones de eficiencia real y de factor de carga, se llama interpolación de Lagrange como se describe a continuación:

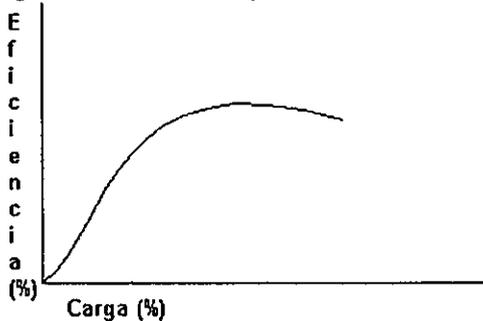
#### Interpolación de Lagrange por aproximación polinomial

Es un método de regresión que permite estimar la variable dependiente ( $y$ ) para cualquier valor dado de la variable independiente ( $x$ ), hablando de una función  $y = f(x)$  [3].

De este modo, aprovecharemos las curvas de eficiencia de los motores que tienen en general una forma similar (figura 4.2.3) para desarrollar una ecuación que permita interpolar cualquier valor entre dos puntos de la eficiencia. Para eso, se

dispone de entre otros datos , de las eficiencias correspondientes a 50%, 75% y 100% de carga de los motores.

Figura 4.2.3 Forma aproximada de las curvas de eficiencia de los motores.



La figura 4-2.4 que sigue será nuestra base para explicar el fundamento de la aproximación polinomial.

Se parte de datos tabulares disponibles de relación entre  $x_i$  y  $y_i$ :

$X_1$	$Y_1$
$X_2$	$Y_2$
$X_3$	$Y_3$
.	.
$X_n$	$Y_n$

El desarrollo matemático para llegar a la ecuación final es el siguiente:

En el caso general para  $n$  puntos, el polinomio es de grado  $n-1$ , o sea:

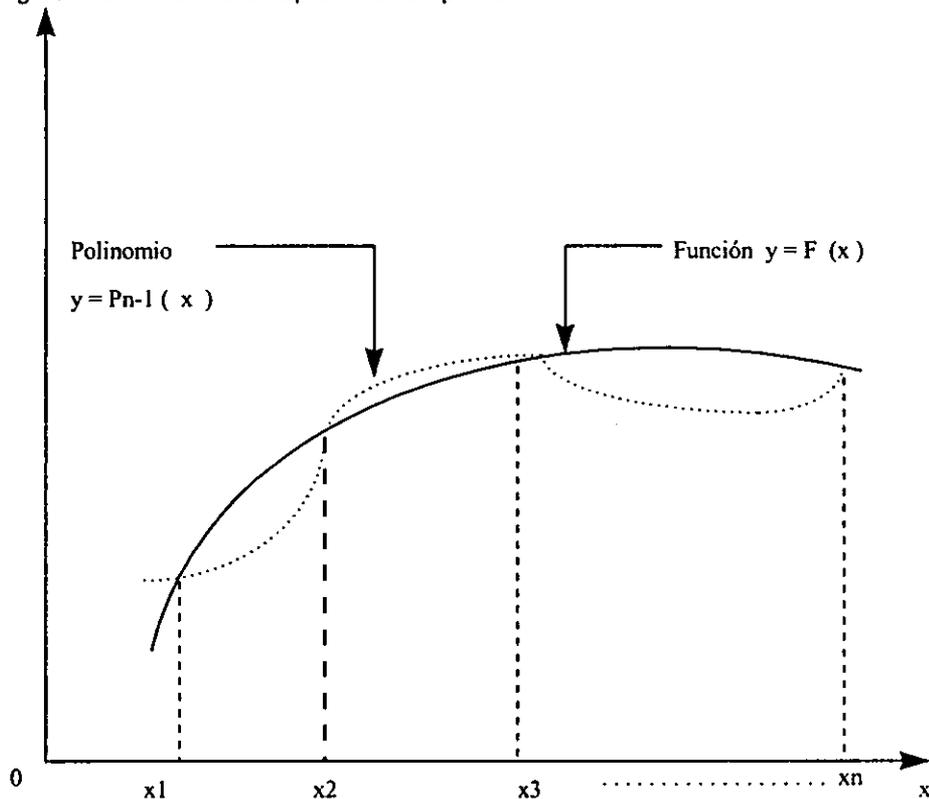
$$Y = A_0X^{n-1} + X^{n-2} + \dots + A_{n-2}X + A_{n-1} \quad \text{Ec. 4-25}$$

Este polinomio puede escribirse de la forma:

$$Y = A_1(X-X_2)(X-X_3)(X-X_4)\dots(X-X_n) \\ + A_2(X-X_1)(X-X_3)(X-X_4)\dots(X-X_n) \\ + A_3(X-X_1)(X-X_2)(X-X_4)\dots(X-X_n) + \\ \dots + A_n(X-X_1)(X-X_2)(X-X_3)\dots(X-X_{n-1})$$

el cual es también de grado  $n-1$ . Los coeficientes  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$  se determinarán de manera que la gráfica del polinomio pase por todos y cada uno de los puntos especificados, como se indica en la figura 4-2.4

Figura 4-2.4 Método de aproximación polinomial



Entonces, si  $X = X_1$ ,  $Y = Y_1$ , de la ecuación 4-25, tendremos:

$Y_1 = A_1 (X_1 - X_2)(X_1 - X_3)(X_1 - X_4) \dots (X_1 - X_n)$  de donde:

$$A_1 = Y_1 / [(X_1 - X_2)(X_1 - X_3)(X_1 - X_4) \dots (X_1 - X_n)]$$

Si  $X = X_2$  y  $Y = Y_2$ , se tiene:

$Y_2 = A_2 (X_2 - X_1)(X_2 - X_3)(X_2 - X_4) \dots (X_2 - X_n)$ , por lo tanto:

$$A_2 = Y_2 / [(X_2 - X_1)(X_2 - X_3)(X_2 - X_4) \dots (X_2 - X_n)]$$

$$A_n = Y_n / [(X_n - X_1)(X_n - X_2)(X_n - X_3) \dots (X_n - X_{n-1})]$$

Sustituyendo  $A_1, A_2, \dots, A_n$  en  $Y$ , tendremos:

$$Y = \frac{(X - X_2)(X - X_3)(X - X_4) \dots (X - X_n)}{(X_1 - X_2)(X_1 - X_3)(X_1 - X_4) \dots (X_1 - X_n)} Y_1 +$$

$$\frac{(X-X_1)(X-X_3)(X-X_4)\dots(X-X_n)}{(X_2-X_1)(X_2-X_3)(X_2-X_4)\dots(X_2-X_n)} Y_2 +$$

$$\frac{(X-X_1)(X-X_2)(X-X_4)\dots(X-X_n)}{(X_3-X_2)(X_3-X_2)(X_3-X_4)\dots(X_3-X_n)} Y_3 + \dots +$$

$$\frac{(X-X_1)(X-X_2)(X-X_3)\dots(X-X_{n-1})}{(X_n-X_1)(X_n-X_2)(X_n-X_3)\dots(X_n-X_{n-1})} Y_n \quad \text{Ec. 4.26}$$

Y es la fórmula de interpolación de Lagrange

$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$  son las coordenadas de los puntos que definen la función, Y es el valor de esta función para un valor dado de X.

El siguiente paso es aplicar la fórmula (4-27) para tres coordenadas como lo será nuestro caso debido a que tenemos 3 puntos como datos de tabla: los factores de carga de 0.5, 0.75 y 1 con las eficiencias correspondientes. De este modo, la fórmula se reduce a:

$$Y = \frac{(X-X_2)(X-X_3)}{(X_1-X_2)(X_1-X_3)} Y_1 +$$

$$\frac{(X-X_1)(X-X_3)}{(X_2-X_1)(X_2-X_3)} Y_2 +$$

$$\frac{(X-X_1)(X-X_2)}{(X_3-X_1)(X_3-X_2)} Y_3 \quad \text{Ec. 4.27}$$

Haciendo comparaciones, la variable X corresponde al factor de carga ( L ) de nuestros motores y la variable Y equivale a la eficiencia ( e ) y las coordenadas quedan como sigue:

Abcisas	Ordenadas
L1	e1
L2	e2
L3	e3

Número de puntos  $n = 3$

Grado del polinomio  $n-1$ , es decir 2 (o de segundo grado) para nuestro modelo.

La ecuación 4.27 se convierte en:

$$e = \frac{(L-L_2)(L-L_3)}{(L_1-L_2)(L_1-L_3)} e_1 + \frac{(L-L_1)(L-L_3)}{(L_2-L_1)L_2-L_3} e_2 + \frac{(L-L_1)(L-L_2)}{(L_3-L_1)(L_3-L_2)} e_3 \quad \text{Ec. 4.28}$$

A continuación, se procede al desarrollo de los términos de la ecuación de (e) para mayor simplificación de la misma.

Para facilitar el trabajo, denotamos los denominadores de las fracciones así:  
 $d_1 = (L_1 - L_2)(L_1 - L_3)$  ;  $d_2 = (L_2 - L_1) L_2 - L_3$  ;  $d_3 = (L_3 - L_1) (L_3 - L_2)$

Nota:  $L L$  implica el producto  $L \times L$  o  $L^2$

De este modo tendremos:

$$e = \frac{(L-L_2)(L-L_3)}{d_1} e_1 + \frac{(L-L_1)(L-L_3)}{d_2} e_2 + \frac{(L-L_1)(L-L_2)}{d_3} e_3 \quad \text{Ec. 4.29}$$

Desarrollando el primer término de 4.29 , se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{(L-L_2)(L-L_3)}{d_1} e_1 &= \frac{LL - LL_3 - L_2L + L_2L_3}{d_1} e_1 = \\ &= \frac{e_1}{d_1} LL - L \frac{(L_2 + L_3)}{d_1} e_1 + \frac{L_2L_3}{d_1} e_1 \end{aligned} \quad \text{Ec. 4.30}$$

Ahora el segundo término de la ec. 4.29

$$\frac{(L-L_1)(L-L_3)}{d_2} e_2 = \frac{LL - LL_3 - L_1L + L_1L_3}{d_2} e_2 = \frac{e_2}{d_2} LL - L \frac{(L_1 + L_3)}{d_2} e_2 + \frac{L_1L_3}{d_2} e_2$$

( Ec 4.31 )

Se puede observar que los 2 términos de 4.30 y 4.31 son de segundo grado ya que el exponente el más alto de  $L$ , es 2.  $L$  es la variable independiente y  $L_1, L_2, L_3$  son constantes.

El tercer término de 4.29 es similar también, de modo que la ecuación final de la eficiencia  $e$  es la suma de los 3 términos que es otra ecuación de segundo grado de la forma:  $A L^2 + B L + C$ .

$A, B$  y  $C$  son las constantes del polinomio que se calculan a continuación:

Por inspección de los términos señalados arriba , tenemos:

$A_i =$  suma de  $e_i / d_i$  con  $i = 1, n$       Ec. 4-32

$B_i = -$  suma  $L_j (e_i / d_i)$  con  $i = 1, n$  y  $j$  diferente de  $i$       Ec. 4-33

$C_i =$  producto de  $L_j (e_i / d_i)$  con  $i = 1, n$  ;  $j = 1, n$  y  $j$  diferente de  $i$       Ec. 4.34

$d_i$  siendo los denominadores  $d_1, d_2$  o  $d_3$

Para nuestro caso,  $n = 3$

Finalmente, la eficiencia toma la forma:  $e = A L^2 + B L + C$  ( Ec. 4-35 ), con dos incógnitas: la eficiencia ( $e$ ) y el factor de carga ( $L$ ) en cualquier punto (se conoce

L1, L2, L3 que son constantes y e1, e2, e3 que son también valores fijos de eficiencia ).

Para resolver la ecuación 4-35 con dos incógnitas, necesitamos otra ecuación más de la eficiencia que contenga L para apoyarse.

En esta ocasión, recurrimos a la ecuación 4-8 que dice:  $L = (d \times e) / E$  (ver capítulo 4.32).

De allí, despejamos  $e = (L E) / d$  Ec. 4-36

La diferencia de las dos ecuaciones ( 4.35 y 4.36 ), o sea  $e - e$  debe dar cero :

Entonces:  $AL^2 + B_0 L + C - [ (L E) / d ] = 0$  arrancando con  $B_0$  al lugar de B.  
Luego:  $AL^2 + (B_0 - E/d) L + C = 0$  en donde el coeficiente definitivo de L es :  
 $B = B_0 - E / d$  y :

$AL^2 + (B_0 - E / d) L + C = AL^2 + BL + C = 0$  que sigue siendo la ec. 4.35

Las raíces de la ecuación de segundo grado son:

$$\Delta = B^2 - 4 A C$$

$$\text{Raízdel} = ( B^2 - 4AC )^{0.5}$$

$$L1 = ( - B + \text{raízdel} ) / 2A$$

$$L2 = ( - B - \text{raízdel} ) / 2A \quad \text{Ec.4-37}$$

De las dos raíces , la positiva será la correcta; en caso de que las dos sean negativas , iguales a cero o combinación de los dos casos, eso implica que hay un error en los datos o una improcedencia y se debe de continuar con el siguiente motor.

Como acabamos de observar , el método permite obtener primero el factor de carga real del motor ((Ec. 4-37) para posteriormente sustituirlo en la ecuación de la eficiencia real (ec. 4-36).

## 1)- Documentación del programa

Lenguaje: FORTRAN 77.

Nombre del archivo: Energi2.for

Programador: Balde Amadou Oury

Fecha: Febrero 1997 - Diciembre 1998

Objetivo: Calcular el posible Ahorro de Energía en un motor eléctrico, el costo de este ahorro y el tiempo de recuperación de la inversión correspondiente.

### a- Entradas:

#### - Datos generales :

NPOLM: Número máximo de polos

ITER: Número total de iteraciones

CKWH: Costo del Kwh (tarifa H-M ,mayo de 1997)

AIP: Tasa de inflación anual del costo de la energía

AIR: Tasa de retorno anual sobre las inversiones

FACVP: Factor del valor presente

HPMAX: Potencia máxima

HPMIN: Potencia mínima

VDOLAR: Valor promedio del dólar en pesos

F: Frecuencia

CKW: Costo del Kw

DESC: Descuento mínimo asegurado en todos los equipos.

#### - Base de datos y variables

Los datos técnicos y económicos en forma de tablas para los cuatro grupos aquí señalados están en una sola subrutina denominada **CATAL2.DAT**(ver codificación).

G: Agrupamiento de los motores en el programa según su diagnóstico inicial; a cada grupo corresponde un método de ahorro sugerido diferente.

**Si G=1: Motores en vacío o con carga ligera durante largos periodos  
(Grupo 1)**

HPc: Potencia nominal en caballos

Capacidad: de 0.5 a 5.0 hp

Ncont: Número de referencia del controlador de Factor de Potencia seleccionado

Cosc: Costo del controlador en dólares

Icon: Número de renglones de la tabla

### SI G = 2: Motores con ciclo de carga continuo (Grupo2)

Tabla de catalogo general: Datos típicos de motores estándar, cerrados (TCCVE), 440 Volts, 60 Hz, NEMA B, 40°c amb.

HP: Potencia nominal en caballos

Capacidad: de 0.5 a 250.0 Hp

Kpol: Número de polos

E1: Eficiencia a 50% de carga en %

E2: Eficiencia a 75% de carga en %

E: Eficiencia a plena carga en %

A10: Corriente en vacío en Amperios

Alpc: Corriente a plena carga en Amperios.

Parn: Par nominal en Nm

Cme: Costo motor en dólares

Ic: Número de renglones de la tabla

### Si G = 3: Motores con ciclo de carga discontinuo (Grupo 3)

Número de arranques permisibles y tiempo mínimo entre arranques, NEMA A y B

HPa: Potencia nominal en caballos

Limites: de 1 a 200 Hp

Npol: Núm. de polos

Ea: Eficiencia nominal a plena carga (%)

Nmar: Núm. máximo. de arranques permisibles por Hora

Tmp: Tiempo minimo entre arranques consecutivos en seg.

B: Pérdidas por aceleración del motor x Nmar

Pv: Salida del motor cuando la maquina de transmisión esta en vacío.

Ev: Eficiencia correspondiente al vacío (%)

Pac: Pérdidas por aceleración (Watt - seg)

Ita: Núm. renglones de la tabla.

Cosar: Costo del dispositivo de Arranque / Paro del motor

### Si G=4: Motores cuyas cargas están controladas por válvulas de estrangulamiento o derivaciones (Grupo 4)

HPvv: Potencia nominal en caballos

Limites: de 1 a 200 Hp

Nvv: Número de referencia del variador de velocidad

Cvv: Costo del variador de velocidad en Pesos

Ivv: Número de renglones de la tabla correspondiente

Cosvv: Costo del Variador de Velocidad aplica

## **Motores de alta eficiencia, totalmente cerrados (TCCVE)**

Son de 440 Volts, 60 Hz, NEMA B, 40°C ambiente (no forman un grupo, sólo se comparan con los Estándares del grupo 1).

HPae: Potencia nominal en HP

Capacidad: de 1 a 100 Hp

Eae: Eficiencia nominal (%)

Cmae: Costo del motor en dólares

lae: Número de renglones de la tabla.

### **- Datos particulares :**

Los datos generales junto con los particulares forman parte de un sólo archivo de datos denominado **MOTOR.DAT**( ver DATOS G2 y DATOS G4, anexo B).

### **b- Salidas**

Son principalmente las siguientes: la energía ahorrada, su costo, la inversión requerida, el tiempo de recuperación de dicha inversión y el valor presente.

Para el grupo 1, se agregan todavía las eficiencias nominal y real y los factores de carga.

### **c- Restricciones**

En función de los valores límites de nuestras tablas, tenemos:

1 - Motores Grupo 1 (de 0.5 a 5 Hp)

2 - Motores Grupo 2 (de 0.5 a 250 Hp)

3 - Motores de alta eficiencia ( de 1 a 100 Hp )

4- Los datos reales obtenidos en el campo son aplicables únicamente a los Grupos 2 y 3.

5- El número de iteraciones es sólo de ocho; para procesar más motores de manera consecutiva, habrá que ajustar el número de las iteraciones dentro del archivo MOTOR.DAT, a menos que se esté suministrando los datos desde la pantalla.

### **d- Estrategia:**

La secuencia de ejecución del programa es la siguiente:

- Suministrar los **datos particulares** llenando el archivo Motor.dat (ver entradas).

- Después, el programa con únicamente el número de grupo, la potencia nominal y el número de polos como referencia, recorre la Base de Datos , ubica el motor equivalente, lee y almacena todos los datos técnicos y económicos correspondientes (eficiencias, costos, equipo de control..) para que a partir de allí, se

alimenten las subrutinas conforme se necesiten. La base de datos mencionada se llama CATAL2.DAT ( ver codificación del programa, anexo B).

- Finalmente, el programa ejecuta los cálculos e imprime los resultados en un archivo de salida (resultados de las corridas, anexo C).

#### e- Variables

1)- Ver Entradas

2)- Constantes:

L1, L2, L :Factores de carga de 50, 75 y 100%

3)- Aquí están las variables que aparecen en las 8 Subrutinas y sus equivalentes dentro del Programa Principal.

La abreviación A1,2,3,4 quiere decir A1, A2, A3, A4 respectivamente.

El listado de las variables será conforme al orden del encabezado siguiente:

#### Programa principal / Equivalente dentro de la Subrutina / Significado

##### 4)- Subrutina GLOBAL:

AHOE1, AHOE2, 3, 4 / ENT1, 2, 3, 4 / Ahorro de energía acumulado por grupo

AHOET / ENTOT / Ahorro total de energía en toda la instalación.

AHOD1, 2, 3, 4 / DIN1, 2, 3, 4 / Ahorro de dinero por grupo.

AHODT / DINTOT / Ahorro total de dinero en la instalación.

COSTO1, 2, 3, 4 / GINV1, 2, 3, 4 / Inversión en cada grupo.

COSTOT / GINVER / Inversión total en la instalación

NMT1, 2, 3, 4 / NMOT1, 2, 3, 4 / Número de motores por grupo.

NMTOT / NMOTOT / Total global de motores acumulados

VP1, 2, 3, 4 / VALP1, 2, 3, 4 / Valor presente de cada grupo

VPR / VALPR / Valor presente global.

TRECT / TRECUP / Tiempo promedio de recuperación de la inversión global.

IT1, 2, 3, 4 : El número de veces que las iteraciones caen en los grupos 1, 2, 3 o 4.

ITM : El número de veces que las iteraciones pasan por la subrutina MOTSUS (cálculo de la capacidad del motor para el Grupo 1)

##### 5)- Subrutina TOTAL:

Variables progr. Principal / Equivalentes en Subr. / Significado

PA1, 2, 3, 4 / PA / Potencia ahorrada con el motor en turno (Kw / año)

EN1, 2, 3, 4 / EN / Energía ahorrada con el motor en turno (Kwh / año).

D1, 2, 3, 4 / DIN / Dinero ahorrado por motor(M.N. / año)

AE1, 2, 3, 4 / AEE / Energía ahorrada por todos los motores idénticos (de la misma iteración)  
 AD1, 2, 3, 4 / ADD / Ahorro de dinero de todos los motores idénticos de la misma iteración  
 COMS / COSEQ / Costo motor sustituto / Costo equipo(G2)  
 VALCO / COSEQ / Costo controlador de factor de potencia (G1)  
 COSVV / COSEQ / Costo variador de velocidad / Costo equipo(G4)  
 COSAR / COSEQ / Costo dispositivo de arranque(G3)  
 COEQ1, 2, 3, 4 / COSTEQ / Costo total dispositivos de motores idénticos en una iteración.  
 FACVP / FACTVP / Factor del valor presente  
 TREI1, 2, 3, 4 / TREI / Tiempo promedio de recuperación de la inversión para un grupo dado de motores  
 TREC1, 2, 3, 4 / TIREC / Tiempo promedio de recuperación de la inversión en el grupo en cualquier momento.  
 ITER / ITERAC / Número total de iteraciones  
 I / M8 / Número de la iteración en turno  
 VDOLAR / PESOS / Valor promedio del dólar en pesos  
 CKW / COSKW / Costo de 1 kw de demanda (tarifa H-M, mayo de 1997)  
 PAC1, 2, 3, 4 / POTA / Kw de demanda parcial.

#### 6)- Subrutina GRUPO 1:

KCONT / NCONT / Número de referencia del controlador de factor de potencia  
 PRE1 / PR1 / Potencia real consumida  
 SA, SB, ST / S1, S2, S / Potencia aparente.  
 PA1 / PAA1 / Potencia ahorrada (Kw / año)  
 CKVAR / CAPAC / Valor capacitor  
 IT1 / I11 / Número de iteración para el grupo1

#### 7)- Subrutina MOTSUS:

NPAR / NPARS / Referencia del par (alto o bajo).  
 PN / PNOMS / Potencia nominal  
 PR, PC2 / PRS, PCS / Potencias real y a plena carga  
 FD / FDS / Factor de demanda.  
 EFR / EFRS / Eficiencia real del motor existente.  
 LR, LSA / LRS, LSS / Factores de carga del motor previo y del motor sustituto  
 PNS / PNSS / Potencia nominal del motor sustituto  
 H / HS / Potencia de salida de los motores.  
 CT1, CT2, CT3 / C1, 2, 3 / Constantes dentro de la subrutina.  
 IC / ICK / Número de renglones de la tabla de base de datos para el Grupo 1.  
 E1, E2, E / E1S, E2S, ES / Eficiencias a 50,75 y 100% de carga (Grupo 1).

**8)- Subrutina GRUPO 2:****Programa Principa I / Equival. en la Subrutina / Significado**

L1, L2, L / FC1, FC2, FC / Factores de carga de 50,75 y 100%  
 E21, E22, E23 / EF1, EF2, EF1 / Eficiencias correspondientes a 50, 75 y 100% de carga.  
 PA2 / PAH2 / Potencia ahorrada con el motor sustituto  
 FDS / FCDS / Factor de demanda motor sustituto  
 P0A2 / P0TA2 / Porcentaje de la potencia ahorrada.  
 PR / PREA / Potencia real motor existente.  
 EFRMS / EFIS / Eficiencia real motor sustituto  
 PRMS / PREAS / Potencia real motor sustituto  
 LSA / Factor de carga inicial motor sustituto  
 LSA2 / FCS / Factor de carga final después de redondear LSA  
 PSUS / EMS / Potencia y eficiencia a plena carga motor sustituto

**9)- Subrutina GRUPO 3**

TOCP, TOV'P / TOCPA, TOVPA / Porcentaje del tiempo de operación con carga y en vacío.  
 TCA, TVA / TCAA, TVAA / Tiempo anual de operación con carga y en vacío  
 COSAR, COEQ / COSARA, COEQA / Costos dispositivos de arranque para un motor y para el grupo de motores idénticos  
 PC3, P0 / PC3A, P0A / Potencias desarrolladas bajo carga y en vacío.  
 ENC, ENV / ENCA, ENVA / Energía obtenida bajo carga y en vacío  
 ET1 / ET1A / La suma de las energías bajo carga y en vacío  
 PACS / PACSA / Pérdidas en vacío  
 EPS / EPSA / Energía desarrollada en vacío  
 PA / PAA / Potencia ahorrada  
 EN3 / EN3A / Energía ahorrada  
 TREC3 / TRECA / Tiempo promedio de recuperación de la inversión para todo el grupo.  
 TREI3 / TERC3 / Tiempo promedio de recuperación de la inversión por motores idénticos  
 NARH, NART / NARHA, NARTA / Número de arranques por hora y por año.

**10)- Subrutina GRUPO 4:**

VELNOM / VELNO / Velocidad nomin  
 VELMIN / VELMI / Velocidad mínima  
 RELV / RV / Relación de velocidades.  
 VELPRO / VELPR / Velocidad promedio  
 PF4 / POF4 / Potencia consumida al aplicar el variador de velocidad.  
 PAC4: Kw de demanda

## 11)- Subrutina ALTAEF

### Programa Principal / Equival. en la Subrutina / Significado

PAE / PAEF / Potencia ahorrada por motor  
 DAE , ADAE / DAEF, ADAEF / Dinero ahorrado por motor y por grupo de motores idénticos  
 ENAE , AENAE / ENAEF , AENAEF / Energía ahorrada por unidad y por grupo de motores idénticos.  
 CMAE, COEAE / CMAEF, CEQAF / Costo de un motor y del grupo de motores idénticos  
 TRAE / TRAEF / Tiempo promedio de recuperación de la inversión para el grupo de motores idénticos  
 PACAE / POTAE / Kw de demanda  
 VDOLAR / PESOAE / Valor del dólar en pesos.

#### Nota:

Las unidades de las variables principales son:

Potencia nominal : Pn, HP o Pnom:	caballos(HP)
Potencia consumida : P, Pr	Kilowatt (Kw)
Potencia ahorrada: PA1, PA2, PA3, PA4	Kilowatt (Kw)
Voltaje: Vn:	volts
Energía por motor o grupo: En, Ahoe:	Kilowatt - horas (KWH)
Precios de equipos (de tablas):	Dólares
posteriormente convertidos en	M.N.

Los resultados se imprimen en un archivo de salida (corridas, anexo C) para cada Grupo de la siguiente forma: OPEN (K, FILE = 'PRN' ) donde:  
 K es la unidad de almacenamiento para el grupo en cuestión

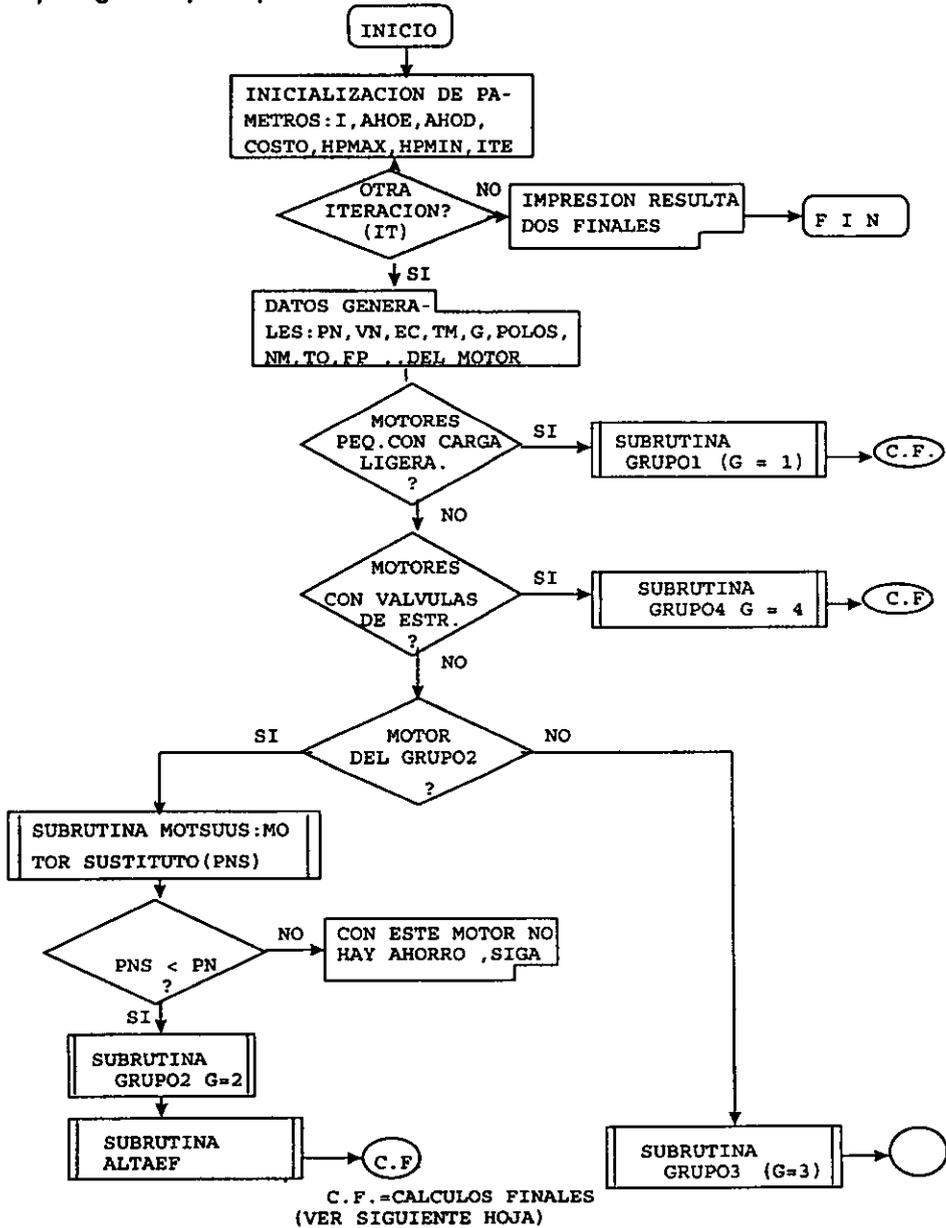
Grupos:	Unidad K	Identidad
1	4	Mot. peq. con carga ligera
2	8	Mot. con ciclo de trabajo continuo.
3	9	Mot. con ciclo de trabajo discontinuo.
4	7	Mot. con válvulas. de estrangulamiento.
2	3	Al usar el motor de alta eficiencia
-	8	Los resultados globales

Las unidades 2 y 5 son respectivamente para los archivos de entradas señalados: CATAL2.DAT y MOTOR.DAT con la forma OPEN ( Ke, FILE = 'ARCHIVO. DAT).

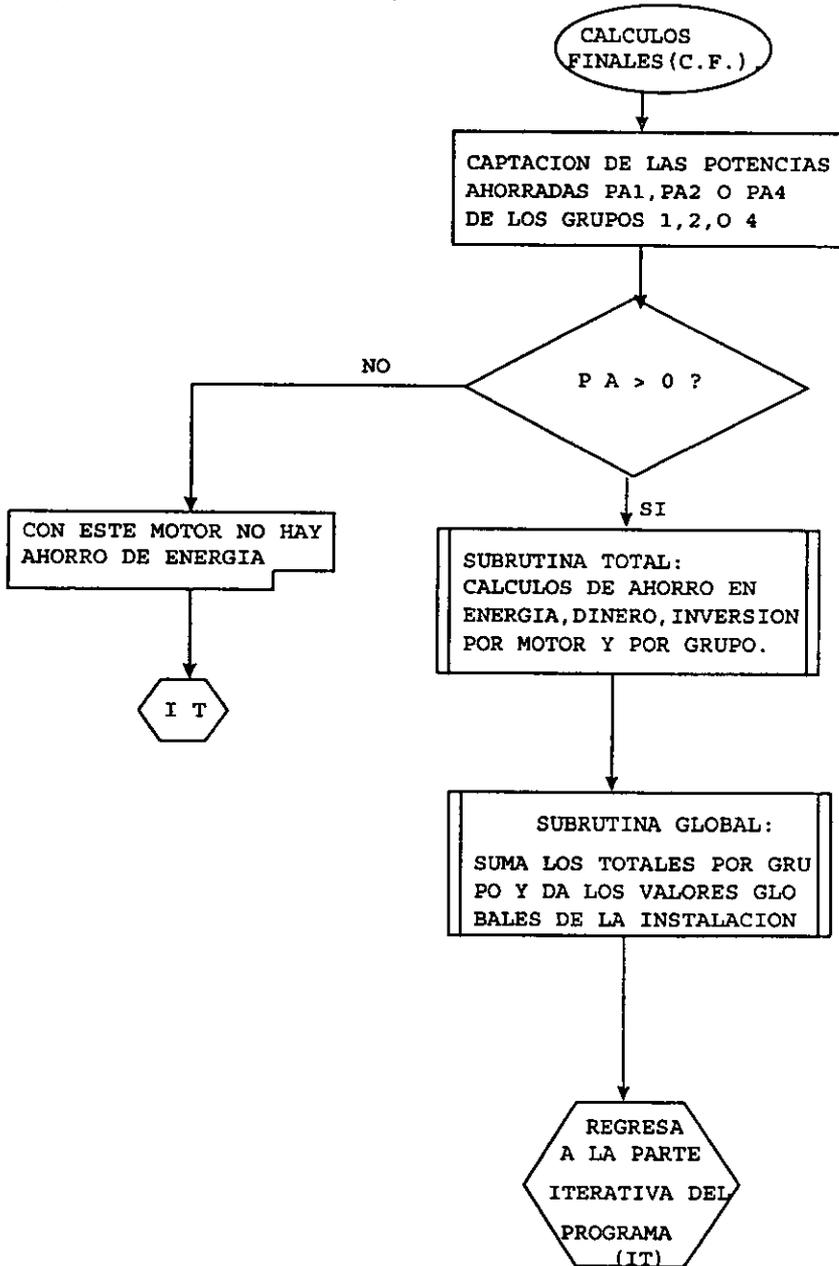
También se puede ordenar que se escriba determinados resultados en la pantalla cambiando el número de la unidad K.

## 2)- Diagrama de flujo

## a) Programa principal:

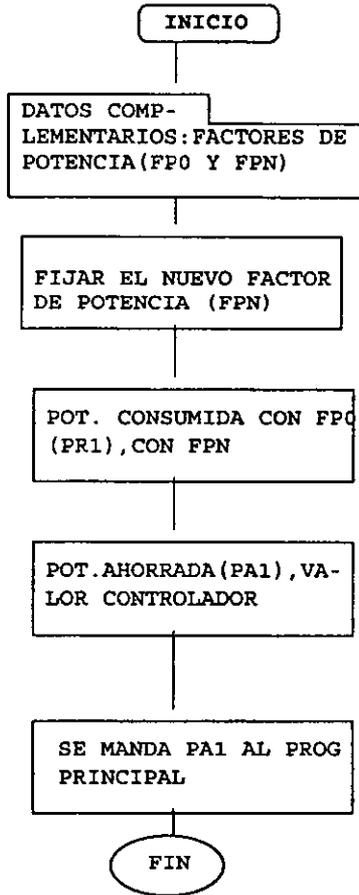


## Programa principal (continuación)



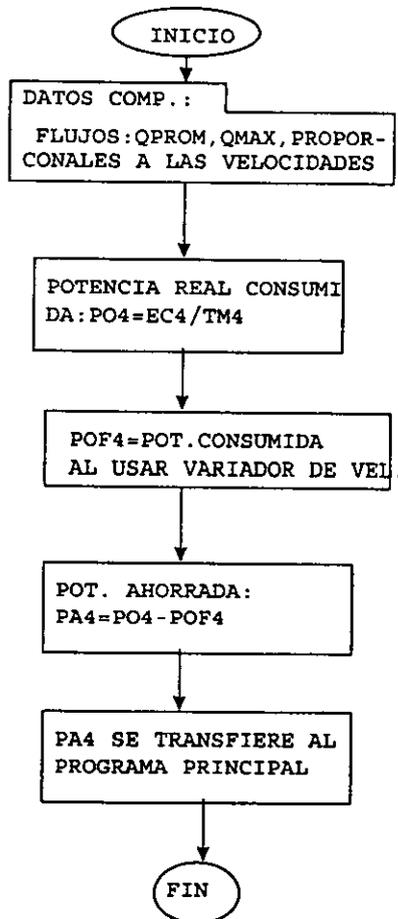
b) SUBROUTINA GRUPO1

Motores de pequeña capacidad con carga ligera



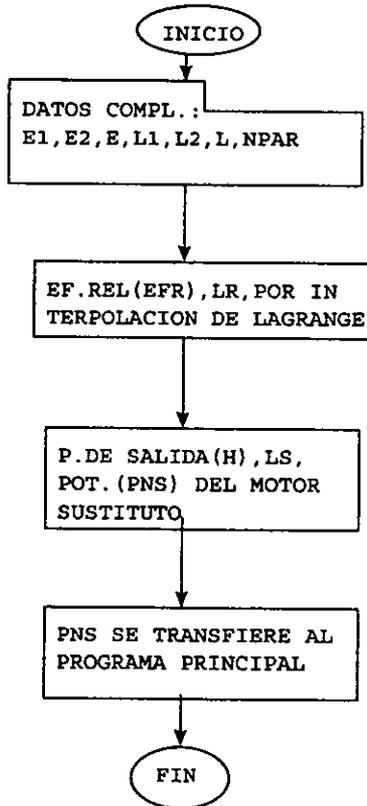
## c) Subrutina Grupo 4

Motores que manejan flujos de fluidos y que usan válvulas de estrangulamiento o derivaciones.



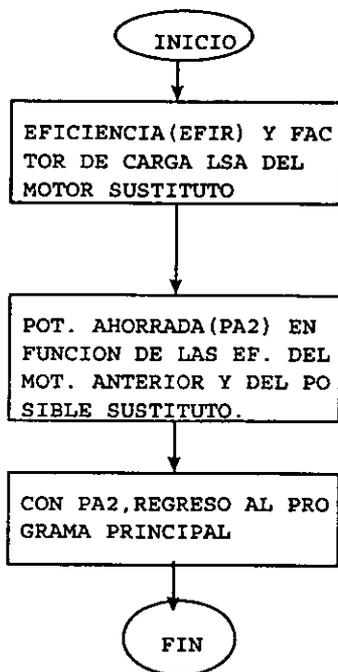
## d) SUBROUTINA MOTSYS

Motores con ciclo de carga continuo: se calcula la capacidad del motor sustituto del motor existente, el cual puede ser sobredimensionado. Nota: sólo los cálculos confirmarán la hipótesis anterior.



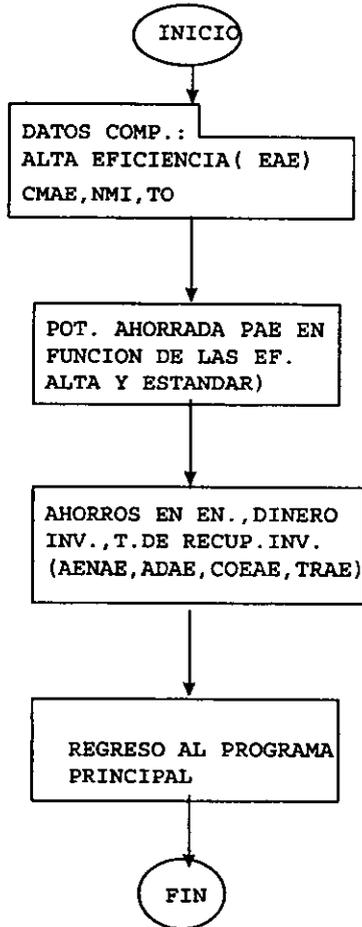
## e) SUBROUTINA GRUPO2:

Motores con ciclo de carga continuo en donde se calcula los parámetros del motor sustituto



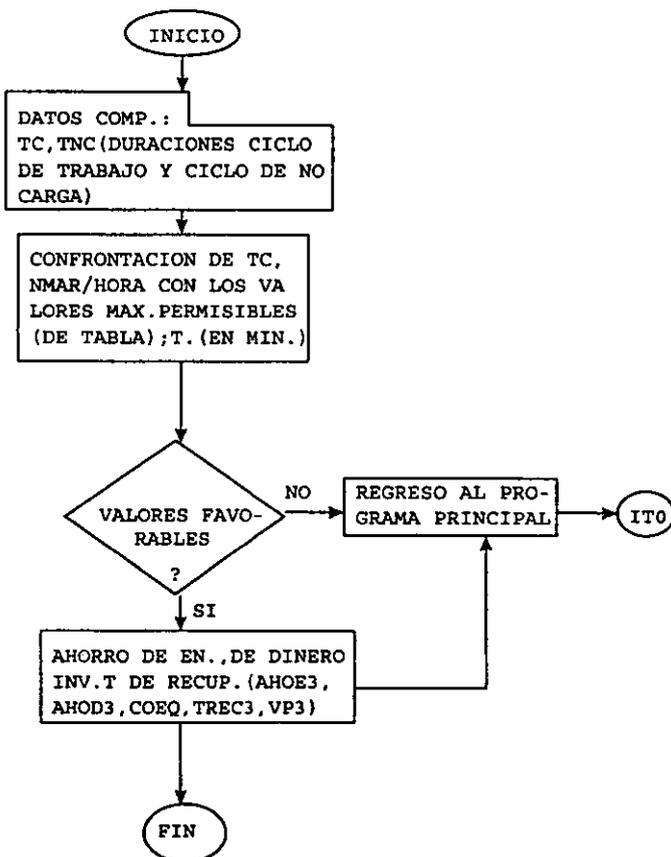
## f) SUBROUTINA ALTAEF

Utilización de un motor de alta eficiencia al  
Lugar del estándar.



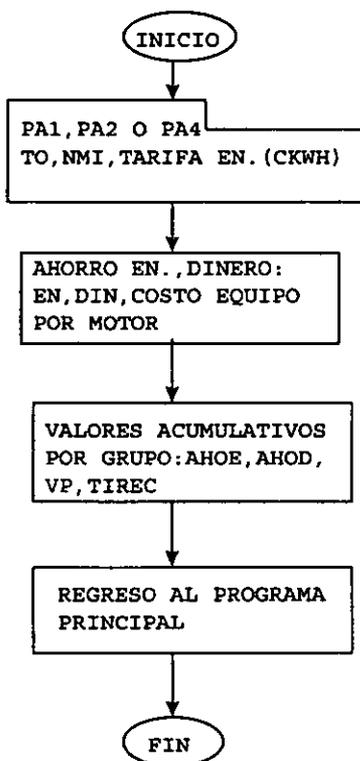
## g) SUBROUTINA GRUPO 3

Motores con ciclo de carga discontinuo

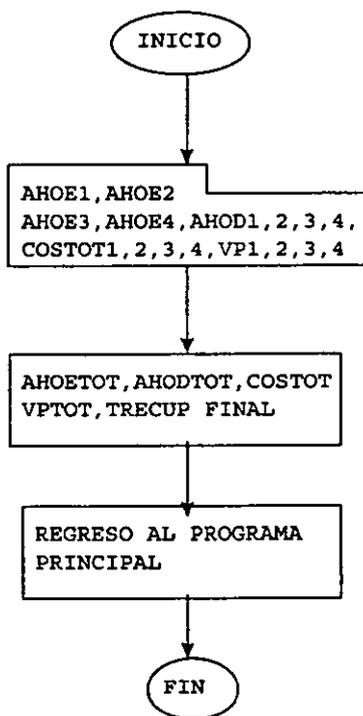


## h) SUBROUTINA TOTAL

Calcula los resultados de ahorro por cada motor  
y por grupo de motores



i) Subrutina GLOBAL  
Suma los resultados de los Grupos y da los  
Totales



### 3- Codificación del programa

c Programa principal

c

c234567 Inicio

```

INTEGER G(15)
DIMENSION NI(15),FACVP(15)
REAL NARH(15),NART(15)
REAL L1,L2,L,LA,LB,LR(15),LSA(15),NMAR(58),LSA2(15)
DIMENSION HP(82),KPOL(82),E1(82),E2(82),E(82)
DIMENSION E21(15),E22(15),E23(15)
DIMENSION AIPC(82),PARN(82),CME(82)
DIMENSION EAE(82),PAE(15),DAE(15),ENAE(15)
DIMENSION AENAE(15),ADAE(15),COEQ(15)
DIMENSION CMAE(82),TRAE(15),COEAE(15)
DIMENSION HPA(58),NPOL(58),EA(58),B(58)
DIMENSION TMP(58),PV(58),EV(58),PAC(58),COSAR(58)
DIMENSION HPVV(17),NVV(17),COSVV(17)
DIMENSION HPC(15),NCONT(15),COSC(15),VELPRO(15)
DIMENSION PN(15),VN(15),EC(15),TM(15),TO(15)
DIMENSION NMI(15),IPOL(15),PA4(15),RELV(15)
DIMENSION VELNOM(15),VELMIN(15),P4(15),PF4(15),PCAE(15)
DIMENSION EN(15),D(15),AE(15),AD(15),PA(15),PACAE(15)
DIMENSION COSEQ(15),NPAR(15),PR(15),PC2(15),FD(15)
DIMENSION H(15),PNS(15),PNSA(15),EMS(15),PRMS(15),PMS(15)
DIMENSION COEQ1(15),EFR(15),COMS(15),EFRMS(15),PAC2(15)
DIMENSION ES(15),FDS(15),PA2(15),P0A2(15),TOCP(15)
DIMENSION TC(15),TNC(15),PC3(15),P0(15),TREI3(15),PAC3(15)
DIMENSION TOVP(15),TCA(15),TVA(15),EN3(15),PACS(15)
DIMENSION ENC(15),ENV(15),ET1(15),EPS(15),ET2(15)
DIMENSION TOC(15),TOV(15),EN4(15),TREI4(15),TREI2(15)
DIMENSION PA3(15),D1(15),D2(15),D3(15),D4(15),PAC4(15)
DIMENSION AD1(15),AD2(15),AD3(15),AD4(15),AE1(15)
DIMENSION AE2(15),AE3(15),AE4(15),EN1(15),EN2(15),PSUS(15)
DIMENSION KCONT(15),VALCO(15),FP01(15),FPN1(15),TREI1(15)
DIMENSION PRE1(15),PA1(15),PAC1(15),SA(15),SB(15),ST(15)
DIMENSION CKVAR(15),COEQ2(15),COEQ3(15),COEQ4(15)
DATA IC,ITA,IVV,ICON/82,58,17,7/
DATA L1,L2,L/0.5,0.75,1.0/
OPEN(2,FILE='CATAL2.DAT')
READ(2,*)
DO 401 I1=1,IC
READ(2,*) HP(I1),KPOL(I1),E1(I1),E2(I1),E(I1),

```

```

    *AIPC(I1),PARN(I1),CME(I1),EAE(I1),CMAE(I1)
401 CONTINUE
    READ(2,*)
    DO 402 I1=1,ITA
        READ(2,*) HPA(I1),NPOL(I1),NMAR(I1),B(I1),
        *TMP(I1),EA(I1),PAC(I1),PV(I1),EV(I1),COSAR(I1)
402 CONTINUE
    READ(2,*)
    DO 404 I1=1,IVV
        READ(2,*) HPVV(I1),NVV(I1),COSVV(I1)
404 CONTINUE
    READ(2,*)
    DO 405 I1=1,ICON
        READ(2,*) HPC(I1),NCONT(I1),COSC(I1)
405 CONTINUE
    OPEN(5,FILE='MOTOR.DAT')
    READ(5,*)
    READ(5,*)NPOLM,ITER,CKWH,AIR,AIP,HPMAX,HPMIN,
    *VDOLAR,F,CKW,DESC
    READ(5,*)
    AIE=((1+AIR)/(1+AIP))-1
    DESC=DESC*100
    OPEN(4,FILE='PRN')
    WRITE(4,390)
390 FORMAT(////,20X,'ALGUNOS DATOS GENERALES')
    WRITE(4,391)ITER,HPMIN
391 FORMAT(/,5X,'Número de iteraciones:',I3,2X,
    *'Potencia mínima:',F4.2,1X,'HP')
    WRITE(4,392)HPMAX
392 FORMAT(/,5X,'Potencia máxima:',F5.1,1X,'HP')
    WRITE(4,393)VDOLAR
393 FORMAT(/,5X,'Cambio promedio del dólar en pesos:',F4.2)
    WRITE(4,394)DESCP
394 FORMAT(/,5X,'Descuento mínimo general de los equipos:'
    *,F4.1,1X,'%')
    WRITE(4,360)
360 FORMAT(///,15X,'MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA(GRUPO1)')
    WRITE(4,361)
361 FORMAT(/,10X,'Resultados individuales por motor:')
    WRITE(4,362)
362 FORMAT(/,2X,'I',2X,'Pnomi',1x,'Pot.ahor',2x,'Horas',2x,'En.Ahor',
    *2X,'Din.Ah',2x,'CTrol',1x,'Inversión',2X,'T.recup.')
```

```

    WRITE(4,380)
380 FORMAT(5X,'(HP)',3X,'(KW)',6X,'(HRS)',2X,'(KWH)',4X,'(PESOS)',
    *7X,'(PESOS)',4X,'(AÑOS)')
```

```

OPEN(8,FILE='PRN')
WRITE(8,363)
363 FORMAT(/,15X,'MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO(GRUPO.2)')
WRITE(8,990)
990 FORMAT(/,10X,'Resultados por motor:')
WRITE(8,378)
378 FORMAT(/,3X,'Respecto a las 2 primeras líneas de resultados')
WRITE(8,379)
379 FORMAT(3X,'de cada iteración (I), tenemos : ')
WRITE(8,364)
364 FORMAT(3X,'Renglón superior: Par metros del motor original')
WRITE(8,399)
399 FORMAT(3X,'Renglón inferior: Par metros del motor sustituto')
OPEN(9,FILE='PRN')
WRITE(9,366)
366 FORMAT(////,15X,'MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO
*(GRUPO3)')
WRITE(9,367)
367 FORMAT(/,10X,'Resultados por motor:')
WRITE(9,368)
368 FORMAT(/,2X,'I ',2X,'Pnomi',1x,'Vnomi',1x,'TOVP',2X,'COSAR',3X,
*'Ener.Ah.',2x,'Din.Ah.',2x,'Horas',2x,'T.recup')
WRITE(9,381)
381 FORMAT(5X,'(HP)',2X,'(V)',3X,'(%)',3X,'(PESOS)',1X,'(KWH)',4X,
*'(PESOS)',2X,'(HRS)',2X,'(AÑOS)')
OPEN(7,FILE='PRN')
WRITE(7,369)
369 FORMAT(////,15X,'FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG.
*(GR4)')
WRITE(7,370)
370 FORMAT(/,10X,'Resultados por motor:')
WRITE(7,371)
371 FORMAT(/,2X,'I ',2X,'Pnom',2x,'Velnom',2x,'Velpro',2X,'TPO.',
*2x,'EnerAh',2x,'Din.Ah.',2X,'VVel',2x,'Invers',3x,'T.Recup')
WRITE(7,382)
382 FORMAT(6X,'(HP)',2X,'(RPM)',3X,'(RPM)',3X,'(HRS)',
*1X,'(KWH)',3X,'(PESOS)',8X,'(PESOS)',2X,'(AÑOS)')
OPEN(6,FILE='PRN')
OPEN(3,FILE='PRN')
WRITE(3,372)
372 FORMAT(/,15X,'MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2')
WRITE(3,373)
373 FORMAT(/,10X,'COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO
CALCULADO,CON UNO')
WRITE(3,374)

```

```

374 FORMAT(10X,'DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO')
    WRITE(3,375)
375 FORMAT(10X,' DE ALTA EFICIENCIA')
    WRITE(3,376)
376 FORMAT(/,6X,'PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:',11X,'PARAM. DEL
MOTOR DE
* ALTA EFICIENCIA')
    WRITE(3,377)
377 FORMAT(/,2x,'I ',1X,'Pnomi',1X,'Efest',1x,'En.Ahor',2x,'Invers.',
*1X,'Trecup',3x,'Pnom',2X,'AltEf',2x,'Invers.',5x,'Trecup')
    WRITE(3,383)
383 FORMAT(5X,'(HP)',2X,'(%)',3X,'(KWH)',4X,'(PESOS)',1X,'(AÑOS)',3X,
**'(HP)',2X,'(%)',4X,'(PESOS)',5X,'(AÑOS)')

```

### C Valores iniciales

```

DATA AHOE1, AHOE2, AHOE3, AHOE4, AHOET / 5*0.0/
DATA AHOD1, AHOD2, AHOD3, AHOD4, HODT/5*0.0/
DATA COSTO1,COSTO2,COSTO3,COSTO4,COSTOT/5*0.0/
DATA NMT1,NMT2,NMT3,NMT4,NMTOT/5*0/
DATA IT1,IT2,IT3,IT4,I,ITM/6*0/
DATA VP1,VP2,VP3,VP4/4*0.0/
M11=IC+ITA+IVV+4
M13=IC+2
M14=IC+ITA+3
100 I=I+1
    IF(I-ITER) 406,406,120

```

### C Datos generales y específicos a suministrar para el motor.

```

406 READ(5,*) PN(I),VN(I),EC(I),TM(I),TO(I),NMI(I),
*G(I),IPOL(I),NI(I),FP01(I),FPN1(I),
*NPAR(I),TC(I),TNC(I)
    FACVP(I)= ((1+AIE)**NI(I)-1)/(AIE*(1+AIE)**NI(I))
C Verificando los datos suministrados:
    IF(PN(I)-HPMAX) 2,2,3
    3 GO TO 410
    2 IF(IPOL(I)-NPOLM) 4,4,5
    5 WRITE(6,301) I,G(I),PN(I),IPOL(I)
301 FORMAT(/,5X,'I=',I2,1X,'GPO=',I1,1X,'Pnom=',F6.2,1X,'HP',
*1X,'POL=',I1,5X,'polos fuera de rango')
    GO TO 100
    4 IF(G(I)-1) 102,103,102
103 IT1=IT1+1
    REWIND 2

```

```

DO 211 IK=1,M11
  READ(2,*)
211 CONTINUE
  JC=0
412 JC=JC+1
  IF(JC .GT. ICON) GO TO 410
  READ(2,*) HPC(JC),NCONT(JC),COSC(JC)
  IF(PN(I)-HPC(JC)) 410,411,412
410 WRITE(6,413) I,G(I),PN(I),VN(I)
413 FORMAT(/,5X,'I=',I2,2X,'GRUPO:',I1,1X,'Pnom=',F6.2,1X,'HP'
  *,2X,'Vnomi=',F6.2,1X,'VOLTS')
  WRITE(6,414)
414 FORMAT(11X,'POTENCIA FUERA DE NUESTRA TABLA')
  GO TO 100
411 PN(I)=HPC(JC)
  KCONT(I)=NCONT(JC)
  VALCO(I)=COSC(JC)*(1-DESC)*VDOLAR

  CALL GRUPO1(EC,TM,PN,VN,HPC,KCONT,ITER,
  *,I,FP01,FPN1,PRE1,SA,SB,ST,PA1,CKVAR,IT1)
  IF(PA1(I)) 25,25,26
25 WRITE(6,408) I,G(I),PN(I),VN(I),PA1(I)
408 FORMAT(/,5X,'I=',I2,2X,'GRUPO:',I1,1X,'Pnom=',F6.2,1X,'Hp'
  *,2X,'Vnom=',F6.2,1X,'Volts',2X,'Pot.Ah=',F8.5,1X,'KW')
427 WRITE(6,409)
409 FORMAT(11X,'CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA')
  GO TO 100
26 PAC1(I)=PA1(I)

  CALL TOTAL(EN1,PA1,TO,D1,CKWH,AE1,NMI,AD1,AHOE1,AHOD1,
  *NMT1,COSTO1,VALCO,COEQ1,VP1,FACVP,TREC1,ITER,I,VDOLAR,
  *TREI1,CKW,PAC1)

  CALL GLOBAL(AHOET,AHOE1,AHOE2,AHOE3,AHOE4,AHODT,
  *AHOD1,AHOD2,AHOD3,AHOD4,COSTOT,COSTO1,COSTO2,COSTO3,
  *COSTO4,NMTOT,NMT1,NMT2,NMT3,NMT4,TRECT,VPR,
  *VP1,VP2,VP3,VP4,ITER,I)
  WRITE(4,600)I,PN(I),PA1(I),TO(I),
  *EN1(I),D1(I),KCONT(I),VALCO(I),TREI1(I)
600 FORMAT(/,1X,I2,2X,F4.2,1X,F7.2,3X,F6.1,1X,F7.1,2X,F7.1,
  *1X,I2,4X,F8.1,3X,F5.2)
  GO TO 100
102 IF(G(I)-4) 104,105,104
105 IT4=IT4+1
  REWIND 2

```

```

DO 212 IK=1,M14
  READ(2,*)
212 CONTINUE
  JVV=0
417 JVV=JVV+1
  IF(JVV.GT.IVV) GO TO 410
  READ(2,*) HPVV(JVV),NVV(JVV),COSVV(JVV)
  IF(PN(I)-HPVV(JVV)) 410,416,417
416 PN(I)=HPVV(JVV)
  COSVV(I)=COSVV(JVV)*(1-DESC)*VDOLAR
  NVV(I)=NVV(JVV)

  CALL GRUPO4(EC,TM,PN,VN,HPVV,VELNOM,
  *VELMIN,RELV,VELPRO,P4,PF4,PA4,ITER,I,IPOL,F)
  IF(PA4(I)) 422,422,423
422 WRITE(6,425)I,G(I),PN(I),VN(I),PA4(I)
425 FORMAT(5X,'I=',I2,2X,'GRUPO: ',I1,1X,'Pnom= ',F6.2,1X,'HP'
  *,2X,'Vnom= ',F6.2,1X,'Volts',2x,'Pot.Ah=',F8.5,1X,'KW')
  GO TO 427
423 PAC4(I)=PA4(I)

  CALL TOTAL(EN4,PA4,TO,D4,CKWH,AE4,NMI,AD4,AHOE4,AHOD4,
  *NMT4,COSTO4,COSVV,COEQ4,VP4,FACVP,TREC4,ITER,I,VDOLAR,
  *TREI4,CKW,PAC4)

  CALL
GLOBAL(AHOET,AHOE1,AHOE2,AHOE3,AHOE4,AHODT,AHOD1,AHOD2,
*AHOD3,AHOD4,COSTOT,COSTO1,COSTO2,COSTO3,COSTO4,NMTOT,NMT1,
  *NMT2,NMT3,NMT4,TRECT,VPR,VP1,VP2,VP3,VP4,ITER,I)
  WRITE(7,510) I,PN(I),VELNOM(I),VELPRO(I),TO(I),
  *EN4(I),D4(I),NVV(I),COSVV(I),TREI4(I)
510 FORMAT(/,1X,I3,1X,F5.1,2X,F6.1,2X,F6.1,1X,F6.1,1X,F8.1,1X,
  *F9.2,1X,I4,1X,F9.2,2X,F5.2)
  GO TO 100
C Para Par Normal: NPAR=1 y para Par Alto: NPAR=2
104 ITM=ITM+1
  IF(G(I).EQ.3) GO TO 108
  REWIND 2
  READ(2,*)
  IM=0
  8 IM=IM+1
  IF(PN(I)-HP(IM)) 410,7,8
  7 K=IM
  1 IF(IPOL(I)-KPOL(K)) 9,10,11

```

```

11 K=K+1
   GO TO 1
9 GO TO 5
10 PN(I)=HP(K)
   E(I)=E(K)
   E1(I)=E1(K)
   E2(I)=E2(K)
   EAE(I)=EAE(K)
   AIPC(I)=AIPC(K)
   PARN(I)=PARN(K)
   CME(I)=CME(K)
   CMAE(I)=CMAE(K)
   IF(CME(I) .NE.0.001) GO TO 768
   WRITE(6,902)I,G(I),PN(I),IPOL(I)
902 FORMAT(5X,'I= ',I2,2X,'Grupo ',I1,1X,'Pnom=',F5.1,1X,
*'HP',2X,'Polos=',I1,4X,'Fuera de venta')
   GO TO 100

768 CALL MOTSUS(EC,TM,NPAR,E1,E2,E,PN,HP,PR,PC2,FD,EFR,LR,
*'H,LSA,PNS,CME,L1,L2,L,ITER,ITM,I,CT1,CT2,
*CT3,IC)
C  WRITE(*,*)I,PN(I),PR(I),H(I),FD(I),EFR(I),LR(I),PNS(I)
   IF(LR(I) .GT. 0.0) GO TO 652
   WRITE(6,651) I,G(I),PN(I),VN(I),LR(I)
651 FORMAT(/,5X,'I=',I2,2X,'Grupo:',I1,1X,'Pnom=',F6.1,1X,'Hp',
*2X,'Vnom=',F5.1,1X,'Volts',2x,'Fact.de carga=',F5.2)
   WRITE(6,171)
171 FORMAT(7X,'ERROR:La raíz no puede ser nula o negativa')
   GO TO 100
652 IF(PNS(I) .GT. HPMAX) GO TO 1001
   REWIND 2
   READ(2,*)
   JK=1
921 IF(PNS(I)-HP(JK)) 42,42,43
43 JK=JK+1
   GO TO 921
42 JJ=JK
878 IF(IPOL(I)-KPOL(JJ))5,879,911
911 JJ=JJ+1
   GO TO 878
879 PNSA(I)=HP(JJ)
   IF(PN(I) .LE. PNSA(I)) GO TO 906
   E21(I)=E1(JJ)
   E22(I)=E2(JJ)
   E23(I)=E(JJ)

```

```

LSA(I)=H(I)/PNSA(I)
LSA2(I)=LSA(I)
COMS(I)=CME(JJ)
EMS(I)=E(JJ)*0.01
PSUS(I)=0.746*PNSA(I)/EMS(I)
IF(COMS(I) .EQ.0.001) GO TO 106
COMS(I)=CME(JJ)*(1-DESC)*VDOLAR
GO TO 107
906 WRITE(6,907)I,PN(I),G(I)
907 FORMAT(/,5X,'I= ',I2,2X,'Pnom= ',F5.1,2X,'Grupo:',I1)
WRITE(6,908)
908 FORMAT(7X,'Con este método de sustitución del')
WRITE(6,909)
909 FORMAT(7X,'motor, no hay ahorro de energía')
GO TO 100
1001 WRITE(6,1002)I,G(I),PN(I),VN(I)
1002 FORMAT(/,5X,'I= ',I2,2X,'GRUPO: ',I1,1X,'PNOM= ',F6.2
*,1X,'HP',2X,'VNOM= ',F6.2,1X,'VOLTS')
WRITE(6,1003)
1003 FORMAT(11X,'RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO')
GO TO 100
106 WRITE(6,769)I,PN(I),G(I)
769 FORMAT(5X,'I= ',I2,2X,'Pnom= ',F5.1,1X,'HP',2X,
*'Grupo: ',I1)
WRITE(6,900) PNSA(I),IPOL(I)
900 FORMAT(/,7X,'EL motor sustituto de ',F5.1,1X,'HP',1X
*,',y ',I1,1X,'polos,')
WRITE(6,901)
901 FORMAT(7X,'esta fuera de la lista de precios.')
```

```

GO TO 100
108 IT3=IT3+1
IF(PN(I)-1.0) 410,77,77
77 IF(IPOL(I) .LE.6) GO TO 799
GO TO 5
799 REWIND 2
DO 213 IK=1,M13
READ(2,*)
213 CONTINUE
IA=0
93 IA=IA+1
READ(2,*) HPA(IA),NPOL(IA),NMAR(IA),B(IA),TMP(IA),
*EA(IA),PAC(IA),PV(IA),EV(IA),COSAR(IA)
IF(PN(I)-HPA(IA)) 410,92,93
92 IPA=IA
97 IF(IPOL(I)-NPOL(IPA)) 94,95,96
```

```

96 IPA=IPA+1
  READ(2,*) HPA(IPA),NPOL(IPA),NMAR(IPA),B(IPA),
  *TMP(IPA),EA(IPA),PAC(IPA),PV(IPA),EV(IPA),
  *COSAR(IPA)
  GO TO 97
94 GO TO 5
95 PN(I)=HPA(IPA)
  TMP(I)=TMP(IPA)
  B(I)=B(IPA)
  EA(I)=EA(IPA)
  NMAR(I)=NMAR(IPA)
  PV(I)=PV(IPA)
  EV(I)=EV(IPA)
  PAC(I)=PAC(IPA)
  COSAR(I)=COSAR(IPA)*(1-DESC)*VDOLAR
  IPOL(I)=NPOL(IPA)
C  WRITE(*,*)I,PN(I),NMAR(I),B(I),COSAR(I),EA(I)

  CALL GRUPO3(PN,HPMIN,IPOL,NPOL,TMP,B,EA,NMAR,PV,
  *EV,PAC,TC,TNC,NARH,NART,TO,TOCP,TOVP,TCA,TVA,EN3,ITA,
  *ITER,I,D3,CKWH,AE3,NMI,AD3,AHOE3,AHOD3,NMT3,COSTO3,
  *COSAR,COEQ3,VP3,FACVP,TREC3,ET2,EPS,ET1,PC3,ENV,ENC,PACS,
  *TOV,TOC,P0,IT3,VDOLAR,TREI3,CKW,PA3,PAC3)
C  WRITE(*,*)I,PN(I),TCA(I),EN3(I),D3(I),TREC3

  CALL GLOBAL(AHOET,AHOE1,AHOE2,AHOE3,AHOE4,AHODT,AHOD1,
  *AHOD2,AHOD3,AHOD4,COSTOT,COSTO1,COSTO2,COSTO3,COSTO4,
  *NMTOT,NMT1,NMT2,NMT3,NMT4,TRECT,VPR,VP1,VP2,VP3,VP4,
  *ITER,I)
  WRITE(9,601)I,PN(I),VN(I),TOVP(I),COSAR(I),
  *EN3(I),D3(I),TO(I),TREI3(I)
601 FORMAT(/,1X,I3,1X,F5.1,1X,F5.1,1X,F4.1,2X,F7.2,2X,F7.2,
  *1X,F9.2,1X,F6.1,1X,F5.2)
  GO TO 100
107 IT2=IT2+1
  E(I)=E(K)

  CALL GRUPO2(L1,L2,L,LSA2,E21,E22,E23,PR,EFRMS,FDS,
  *P0A2,PA2,EFR,ITER,CT1,CT2,CT3,ITM,I,K,PRMS)
  IF(PA2(I)) 565,565,566
565 WRITE(6,426)I,G(I),PN(I),VN(I),PA2(I)
426 FORMAT(5X,'I= ',I2,2X,'Grupo: ',I1,1X,'Pnom= ',F6.2,1X,'HP'
  *,2X,'Vnom= ',F6.2,1X,'Volts',2x,'Pot.Ah= ',F8.4,1X,'KW')
  GO TO 427
566 PAC2(I)=PC2(I)-PSUS(I)

```

```
CME(I)=CME(K)*(1-DESC)*VDOLAR
```

```
CALL TOTAL(EN2,PA2,TO,D2,CKWH,AE2,NMI,AD2,AHOE2,AHOD2,
*NMT2,COSTO2,COMS,COEQ2,VP2,FACVP,TREC2,ITER,I,VDOLAR,
*TREI2,CKW,PAC2)
```

```
CALL GLOBAL(AHOET,AHOE1,AHOE2,AHOE3,AHOE4,AHODT,AHOD1,
*AHOD2,AHOD3,AHOD4,COSTOT,COSTO1,COSTO2,COSTO3,COSTO4,
*NMTOT,NMT1,NMT2,NMT3,NMT4,TRECT,VPR,VP1,VP2,VP3,VP4,
*ITER,I)
```

```
C WRITE(*,*)I,PNSA(I),COMS(I),PA2(I),EFRMS(I),FDS(I),
```

```
C *P0A2(I),LSA2(I),PRMS(I)
```

```
WRITE(8,365)
```

```
365 FORMAT(/,2X,'I',2X,'NMI',2X,'Vnomi',2x,'Pnomi',4x,
```

```
*'F.carga',3x,'Efnomi',4x,'Ef.real',3x,'Pot.real')
```

```
WRITE(8,384)
```

```
384 FORMAT(10X,'(V)',4X,'(HP)',15X,'(%)',17X,'(KW)')
```

```
WRITE(8,796) I,NMI(I),VN(I),PN(I),LR(I),E(I),EFR(I),PR(I)
```

```
796 FORMAT(/,1X,I2,1X,I2,3X,F6.2,1X,F6.2,3X,F5.2,6X,F5.2,5X,
```

```
*F5.2,4X,F7.2)
```

```
WRITE(8,797)PNSA(I),LSA(I),E23(I),EFRMS(I),PRMS(I)
```

```
797 FORMAT(16X,F6.2,3X,F5.2,6X,F5.2,5X,F5.2,4X,F7.2)
```

```
WRITE(8,604)
```

```
604 FORMAT(/,3X,'Hrs op.',2x,'P.sal',2x,'Pot.Ahor.',2x,'En.Ahor.'
```

```
*,2x,'Din.Ahor.',2x,'Inversign',4x,'Tpo.rec.')
```

```
WRITE(8,385)
```

```
385 FORMAT(3X,'(HORAS)',2X,'(HP)',3X,'(KW)',7X,'(KWH)',
```

```
*5X,'(PESOS)',4X,'(PESOS)',6X,'(AÑOS)')
```

```
WRITE(8,798)TO(I),H(I),PA2(I),EN2(I),D2(I),COMS(I),TREI2(I)
```

```
798 FORMAT(/,3X,F6.1,2X,F5.2,1X,F7.2,4X,F8.2,2X,F8.2,4X,F8.1,
```

```
*6X,F5.2)
```

```
PN(I)=HP(K)
```

```
IF(PN(I) .LT.1 .OR. PN(I) .GT.100) GO TO 767
```

```
E(I)=E(K)
```

```
PNSA(I)=HP(JJ)
```

```
E23(I)=E(JJ)
```

```
COMS(I)=CME(JJ)*(1-DESC)*VDOLAR
```

```
EAE(I)=EAE(K)
```

```
CMAE(I)=CMAE(K)
```

```
PCAE(I)=0.746*PN(I)/(EAE(I)*0.01)
```

```
IF(EAE(I) .EQ.0.001 .OR. CMAE(I) .EQ.0.001) GO TO 767
```

```
CMAE(I)=CMAE(K)*(1-DESC)*VDOLAR
```

```
PACAE(I)=PC2(I)-PCAE(I)
```

```
CALL ALTAEF(PN,LR,E,EAE,NMI,PAE,TO,DAE,ENAE,AENAE,CKWH,
```

```

*ADAE,COEAE,CMAE,TRAE,ITER,I,ITM,VDOLAR,CKW,PACAE)
WRITE(3,511) I,PNSA(I),E23(I),EN2(I),COMS(I),TREI2(I),
*PN(I),EAE(I),CMAE(I),TRAE(I)
511 FORMAT(/,1X,I2,1X,F5.1,2X,F5.2,1X,F7.2,2X,F7.1,1X,F5.2,
*3X,F5.1,1X,F5.2,2X,F10.2,4X,F5.2)
GO TO 100
767 WRITE(6,378) I,G(I),PN(I),IPOL(I)
378 FORMAT(5X,'I=',I2,2X,'GPO:',I1,1X,'PN=',F6.2,1X,'HP',2X,
*'POL=',I1,6X,'FUERA DE VENTA')
GO TO 100
120 WRITE(4,777)
777 FORMAT(/,20X,'VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:')
WRITE(4,781)
781 FORMAT(/,2X,'N£m.de mot.',2X,'En.Ahor.',2X,'Din.Ah.',3X,'Inversi'
*4X,'Tiempo recup.',3X,'Valor Presente')
WRITE(4,386)
386 FORMAT(15X,'(KWH)',5X,'(PESOS)',3X,'(PESOS)',4X,'(AÑOS)',6X,'
*(PESOS)')
WRITE(4,512)NMT1,AHOE1,AHOD1,COSTO1,TREC1,VP1
512 FORMAT(/,2X,I3,6X,F9.1,2X,F9.1,2X,F9.2,3X,F5.2,13X,F12.2)
WRITE(8,783)
783 FORMAT(/,20X,'TOTALES PARA EL GRUPO2')
WRITE(8,784)
784 FORMAT(/,1X,'N£m.Mot.',1X,'Ener.Ah.',3X,'Din.Ah.',3X,'Inversi'
*3X,'T.Recup.',2X,'Val.Presente')
WRITE(8,387)
387 FORMAT(10X,'(KWH)',6X,'(PESOS)',3X,'(PESOS)',2X,'(AÑOS)',
*4X,'(PESOS)')
WRITE(8,612)NMT2,AHOE2,AHOD2,COSTO2,TREC2,VP2
612 FORMAT(/,2X,I3,3X,F9.2,2X,F9.2,2X,F9.2,1X,F5.2,6X,F10.2)
WRITE(9,786)
786 FORMAT(/,20X,'TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3')
WRITE(9,787)
787 FORMAT(/,1X,'N£m.Mot.',2X,'Ener.Ah.',3X,'Din.Ah.',3X,'Inversi'
*3X,'T.Recup',3X,'Valor Presente')
WRITE(9,388)
388 FORMAT(11X,'(KWH)',6X,'(PESOS)',3X,'(PESOS)',1X,'(AÑOS)',
*4X,'(PESOS)')
WRITE(9,613)NMT3,AHOE3,AHOD3,COSTO3,TREC3,VP3
613 FORMAT(/,2X,I2,7X,F8.2,2X,F9.2,1X,F9.2,1X,F5.2,5X,F10.2)
WRITE(7,789)
789 FORMAT(/,20X,'TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4')
WRITE(7,790)
790 FORMAT(/,1X,'N£m.Mot.',2X,'Ener.Ah.',3X,'Din.Ah.',3X,'Inversi'
*4X,'T.Recup',3X,'Valor Presente')

```

```

WRITE(7,389)
389 FORMAT(11X,'(KWH)',6X,'(PESOS)',3X,'(PESOS)',4X,'(AÑOS)',1X,'
*(PESOS)')
WRITE(7,614)NMT4,AHOE4,AHOD4,COSTO4,TREC4,VP4
614 FORMAT(/,2X,I3,6X,F10.1,1X,F9.1,1X,F10.1,1X,F5.2,5X,F13.1)
WRITE(6,792)
792 FORMAT(////////,15X,'RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION')
WRITE(6,793)
793 FORMAT(/,10X,'NUM.MOTORES',4X,'EN. AHORRADA',4X,
'DINERO AHORRADO.')
```

```

WRITE(6,395)
395 FORMAT(25X,'(KWH)',11X,'(PESOS)')
WRITE(6,615)NMTOT,AHOET,AHODT
615 FORMAT(/,11X,I4,7X,F10.2,6X,F12.2)
WRITE(6,795)
795 FORMAT(/,10X,'INVERSION',4X,'TIEMPO DE REC.INVER',2X,
'VALOR PRESENTE')
```

```

WRITE(6,396)
396 FORMAT(10X,'(PESOS)',6X,'(AÑOS)',15X,'(PESOS)')
WRITE(6,616)COSTOT,TRECT,VPR
616 FORMAT(/,7X,F12.2,3X,F5.2,14X,F13.2)
STOP
END
```

C  
C MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA DURANTE MUCHO TIEMPO

C  
SUBROUTINE GRUPO1(EC1, TM1, PN1, VN1, HPC1, NCONT,  
ITE1, M1, FP0, FPN, PR1, S1, S2, S, PAA1, CAPAC, I11)

```

DIMENSION VN1(ITE1),FPN(ITE1),PAA1(ITE1)
DIMENSION EC1(ITE1),TM1(ITE1),PN1(ITE1)
DIMENSION HPC1(ITE1),S1(ITE1),PR1(ITE1)
DIMENSION NCONT(ITE1),S2(ITE1)
DIMENSION S(ITE1),CAPAC(ITE1),FP0(ITE1)
PR1(M1)=EC1(M1)/TM1(M1)
S1(M1)=PR1(M1)/FP0(M1)
S2(M1)=PR1(M1)/FPN(M1)
S(M1)=S1(M1)-S2(M1)
PAA1(M1)=S(M1)*FPN(M1)
CAPAC(M1)=PR1(M1)*(ATAN(FP0(M1))-ATAN(FPN(M1)))
RETURN
END
```

C

## C MOTORES CONTROLADOS CON VALVULAS DE ESTRANGULAMIENTO

```

SUBROUTINE GRUPO4(EC4, TM4, PN4, VN4, HPV, VELNO,
*VELMI, RV, VELPR, PO4, POF4, PAA4, ITE4, M4, IPOLO, FREQ)
DIMENSION PN4(ITE4), HPV(ITE4), VN4(ITE4), VELPR(ITE4)
DIMENSION VELNO(ITE4), VELMI(ITE4), RV(ITE4), PO4(ITE4)
DIMENSION POF4(ITE4), PAA4(ITE4), EC4(ITE4), TM4(ITE4)
DIMENSION IPOLO(ITE4)
VELNO(M4)=(120*FREQ)/IPOLO(M4)
VELMI(M4)=(VELNO(M4)*30)/100
VELPR(M4)=(VELNO(M4)*65)/100
PO4(M4)=EC4(M4)/TM4(M4)
POF4(M4)=PO4(M4)*(((VELPR(M4))**3)/((VELNO(M4))**3))
RV(M4)=VELNO(M4)/VELMI(M4)
PAA4(M4)=PO4(M4)-POF4(M4)
RETURN
END

```

C

## C TOTALES PARCIALES DE AHORRO DE ENERGIA Y DINERO

C

```

SUBROUTINE TOTAL(EN, PA, TOP, DIN, COSTU, AEE, NMID, ADD, AHOEE,
*AHODD, NMOT, COSTO, COSEQ, COSTEQ, VALP, FACTVP, TIREC, ITERAC,
*M8, PESOS, TREI, COSKW, POTA)

```

```

DIMENSION EN(ITERAC), PA(ITERAC), TOP(ITERAC), DIN(ITERAC)
DIMENSION AEE(ITERAC), NMID(ITERAC), ADD(ITERAC), TREI(ITERAC)
DIMENSION FACTVP(ITERAC), COSTEQ(ITERAC), COSEQ(ITERAC)
DIMENSION POTA(ITERAC)
EN(M8)=PA(M8)*TOP(M8)
DIN(M8)=POTA(M8)*12*COSKW+(EN(M8)*COSTU)
AEE(M8)=EN(M8)*NMID(M8)
ADD(M8)=DIN(M8)*NMID(M8)
COSTEQ(M8)=COSEQ(M8)*NMID(M8)
TREI(M8)=COSTEQ(M8)/ADD(M8)
AHOEE=AHOEE+AEE(M8)
AHODD=AHODD+ADD(M8)
NMOT=NMOT+NMID(M8)
COSTO=COSTO+COSTEQ(M8)
VALP= FACTVP(M8)*AHODD
TIREC=COSTO/AHODD
RETURN
END

```

C

## C CALCULOS GLOBALES

```

SUBROUTINE GLOBAL(ENTOT,ENT1,ENT2,ENT3,ENT4,DINTOT,
  *DIN1,DIN2,DIN3,DIN4 GINVER,GINV1,GINV2,GINV3,GINV4,
  *NMOTOT,NMOT1,NMOT2,NMOT3,NMOT4,TRECUP,VALPR,VALP1,
  *VALP2,VALP3,VALP4,ITERI,M9)

```

```

ENTOT=ENT1+ENT2+ENT3+ENT4
DINTOT=DIN1+DIN2+DIN3+DIN4
GINVER=GINV1+GINV2+GINV3+GINV4
NMOTOT=NMOT1+NMOT2+NMOT3+NMOT4
TRECUP=GINVER/DINTOT
VALPR=VALP1+VALP2+VALP3+VALP4
RETURN
END

```

C

C CALCULO DEL VALOR DEL MOTOR SUSTITUTO

C

```

SUBROUTINE MOTSUS(ECS,TMS,NPARS,E1S,E2S,ES,PNOMS,HPS,
  *PRS,PCS,FDS,EFRS,LRS,HS,LSS,PNSS,CMES,L1S,
  *L2S,LS,ITEMS,IMM,MS,C1,C2,C3,ICK)

```

```

REAL L1S,L2S,LS,LA,LB,LRS(ITEMS),LSS(ITEMS)
DIMENSION NPARS(ITEMS),E1S(ITEMS),E2S(ITEMS)
DIMENSION ES(ITEMS),PRS(ITEMS),PNSS(ITEMS),PNOMS(ITEMS)
DIMENSION ECS(ITEMS),TMS(ITEMS),PCS(ITEMS),CMES(ITEMS)
DIMENSION FDS(ITEMS),EFRS(ITEMS),HS(ITEMS)
DIMENSION HPS(ICK)
PRS(MS)=ECS(MS)/TMS(MS)
PCS(MS)=(0.746*PNOMS(MS))/(ES(MS)*0.01)
FDS(MS)=PRS(MS)/PCS(MS)

```

C Una ecuación de segundo grado:  $EFR(L)=A(L)**2+(BL)+C$ ,

C relaciona la Ef. real(EFR) con el factor de carga L

C A continuación, cálculo de constantes(de C1 a LB

c Ecuaciones (5-29) y (5-33) capitulo 5

$$C1=(L1S-L2S)*(L1S-LS)$$

$$C2=(L2S-L1S)*(L2S-LS)$$

$$C3=(LS-L1S)*(LS-L2S)$$

$$F1=E1S(MS)*0.01/C1$$

$$F2=E2S(MS)*0.01/C2$$

$$F3=ES(MS)*0.01/C3$$

$$A=F1+F2+F3$$

$$B1=-(((L2S+LS)*F1)+((L1S+LS)*F2)+((L1S+L2S)*F3))$$

C=(L2S\*LS\*F1)+(L1S\*LS\*F2)+(L1S\*L2S\*F3)

$$B=B1-((ES(MS)*0.01)/FDS(MS))$$

$$DELTA=(B**2)-(4*A*C)$$

$$RADEL=(DELTA)**0.5$$

$$LA = (-B + RADEL) / (2 * A)$$

$$LB = (-B - RADEL) / (2 * A)$$

C LA y LB: Raices de la ecuación

IF(LA) 31,31,32

31 IF(LB) 33,33,34

33 GO TO 420

32 LRS(MS)=LA

GO TO 35

34 LRS(MS)=LB

35 HS(MS)=LRS(MS)\*PNOMS(MS)

EFRS(MS)=(LRS(MS)\*ES(MS)\*0.01)/FDS(MS)

C Selección del motor sustituto

36 IF(NPARS(MS),EQ.2) GO TO 38

IF(NPARS(MS),EQ.1) LSS(MS)=0.8

GO TO 41

38 LSS(MS)=0.6

41 PNSS(MS)=HS(MS)/LSS(MS)

420 RETURN

END

C Cálculo del ahorro de energía al hacer la sustitución por uno de alta eficiencia

**SUBROUTINE ALTAEF(PNAE,LRAE,EST,EAF,NMIF,PAEF,TOF,DAEF,  
\*ENAEF,AENAEF,COAEF,ADAEF,CEQAF,CMAEF,TRAEF,ITEAE,M6,  
\*I22,PESOAE,CKWAE,POTAE)**

C

REAL LRAE(ITEAE)

DIMENSION PNAE(ITEAE),EST(ITEAE),EAF(ITEAE),DAEF(ITEAE)

DIMENSION NMIF(ITEAE),PAEF(ITEAE),TOF(ITEAE),POTAE(ITEAE)

DIMENSION ENAEF(ITEAE),ADAEF(ITEAE),CEQAF(ITEAE)

DIMENSION CMAEF(ITEAE),TRAEF(ITEAE),AENAEF(ITEAE)

FRAC1=100/EST(M6)

FRAC2=100/EAF(M6)

PAEF(M6)= 0.746\*PNAE(M6)\*LRAE(M6)\*(FRAC1-FRAC2)

ENAEF(M6)= PAEF(M6)\*TOF(M6)

AENAEF(M6)= ENAEF(M6)\*NMIF(M6)

DAEF(M6)= POTAE(M6)\*12\*CKWAE+(ENAEF(M6)\*COAEF)

ADAEF(M6)= DAEF(M6)\*NMIF(M6)

CEQAF(M6)= CMAEF(M6)\*NMIF(M6)

TRAEF(M6)= CEQAF(M6)/ADAEF(M6)

RETURN

END

C

C

C Motores con ciclo de carga continuo(parámetros  
c del motor sustituto)

**SUBROUTINE GRUPO2**(FC1,FC2,FC,FCS,EFI1,EFI2,EFI,PREA,  
\*EFIS,FCDS,P0TA2,PAH2,EFIR,ITE2,CC1,CC2,CC3,ITMM,M2,  
\*JP2,PREAS)

DIMENSION EFIS(ITE2),EFIR(ITE2),EFI1(ITE2),EFI2(ITE2)  
DIMENSION EFI(ITE2),FCDS(ITE2),P0TA2(ITE2),PAH2(ITE2)  
DIMENSION PREA(ITE2),FCS(ITE2),PREAS(ITE2)  
EFIS(M2)=((FCS(M2)-FC2)\*(FCS(M2)-FC)\*EFI1(M2)\*0.01)/CC1+  
\*((FCS(M2)-FC1)\*(FCS(M2)-FC)\*EFI2(M2)\*0.01)/CC2+  
\*((FCS(M2)-FC1)\*(FCS(M2)-FC2)\*EFI(M2)\*0.01)/CC3  
FCDS(M2)=(FCS(M2)\*EFI(M2)\*0.01)/EFIS(M2)  
P0TA2(M2)=((EFIS(M2)-EFIR(M2))\*100)/EFIS(M2)  
PAH2(M2)=(PREA(M2)\*P0TA2(M2))/100  
PREAS(M2)=PREA(M2)-PAH2(M2)  
RETURN  
END

C

c

c Motores con ciclo de carga descontinuo

**SUBROUTINE GRUPO3**(PNAR,HMINA,IPOLA,NPOLA,TMPA,BA,  
\*EAA,NMARA,PVA,EVA,PACA,TCA,TNCA,NARHA,NARTA,TOA,TOCPA,  
\*TOVPA,TCAA,TVAA,EN3A,ITAA,ITE3,M3,D3A,CKWA,AE3A,NMIA,AD3A,  
\*AHOE3A,AHOD3A,NMT3A,COST3A,COSARA,COEQA,VP3A,  
\*FACVA,TRECA,ET2A,EPSA,ET1A,PC3A,ENVA,ENCA,PACSA,TOVA,TOCA,  
\*P0A,I33,PESO3,TERC3,CKW3,PAA3,POTC3)

REAL NMARA(ITE3),NARHA(ITE3),NARTA(ITE3),K11  
DIMENSION PNAR(ITE3),IPOLA(ITE3),NPOLA(ITE3),TMPA(ITE3)  
DIMENSION BA(ITE3),PVA(ITE3),EVA(ITE3),PACA(ITE3),POTC3(ITE3)  
DIMENSION TNCA(ITE3),TOA(ITE3),P0A(ITE3),TCA(ITE3)  
DIMENSION TOCA(ITE3),TOVA(ITE3),TOCPA(ITE3),TOVPA(ITE3)  
DIMENSION TVAA(ITE3),PACSA(ITE3),ENCA(ITE3),ENVA(ITE3)  
DIMENSION ET1A(ITE3),EPSA(ITE3),ET2A(ITE3),EN3A(ITE3)  
DIMENSION D3A(ITE3),AE3A(ITE3),NMIA(ITE3),AD3A(ITE3)  
DIMENSION FACVA(ITE3),TCAA(ITE3),COSARA(ITE3),PAA3(ITE3)  
DIMENSION PC3A(ITE3),EAA(ITE3),COEQA(ITE3),TERC3(ITE3)  
FRAC= BA(M3)/PACA(M3)  
IF(NMARA(M3)-FRAC) 52,52,53  
52 NARHA(M3)=NMARA(M3)

GO TO 55

53 NARHA(M3)=BA(M3)/PACA(M3)

55 NARTA(M3)=TOA(M3)\*NARHA(M3)

PC3A(M3)=PNAR(M3)\*0.746/(EAA(M3)\*0.01)

P0A(M3)=PVA(M3)\*0.746/(EVA(M3)\*0.01)

K11=60/(TCA(M3)+TNCA(M3))

TOCA(M3)=K11\*TCA(M3)

TOVA(M3)=60-TOCA(M3)

TOCPA(M3)=(TOCA(M3)/60)\*100

TOVPA(M3)=100-TOCPA(M3)

TCAA(M3)=(TOA(M3)\*TOCPA(M3))/100

TVAA(M3)=(TOA(M3)\*TOVPA(M3))/100

PACSA(M3)=(NARTA(M3)\*PACA(M3)\*0.001)/(TVAA(M3)\*60\*60)

ENCA(M3)=PC3A(M3)\*TCAA(M3)

ENVA(M3)=P0A(M3)\*TVAA(M3)

ET1A(M3)=ENCA(M3)+ENVA(M3)

EPSA(M3)=PACSA(M3)\*TVAA(M3)

ET2A(M3)=ENCA(M3)+EPSA(M3)

EN3A(M3)=ET1A(M3)-ET2A(M3)

PAA3(M3)=EN3A(M3)/TOA(M3)

IF(EN3A(M3))98,98,444

98 EN3A(M3)=0.0

NMIA(M3)=0.0

COSARA(M3)=0.0

444 AE3A(M3)=EN3A(M3)\*NMIA(M3)

POTC3(M3)=PC3A(M3)-P0A(M3)

T=TVAA(M3)/(24\*30)

D3A(M3)=POTC3(M3)\*T\*CKW3+(EN3A(M3)\*CKWA)

AD3A(M3)=D3A(M3)\*NMIA(M3)

COEQA(M3)=COSARA(M3)\*NMIA(M3)

TERC3(M3)=COEQA(M3)/AD3A(M3)

AHOE3A=AHOE3A+AE3A(M3)

AHOD3A=AHOD3A+AD3A(M3)

NMT3A=NMT3A+NMIA(M3)

COST3A=COST3A+COEQA(M3)

VP3A=FACVA(M3)\*AHOD3A

TRECA=COST3A/AHOD3A

RETURN

END

#### 4- Base de datos CATAL2. DAT de los motores

Es similar a un catálogo que contiene datos muy importantes de los motores.

Los encabezados de esta tabla son los siguientes:

HP: Capacidad nominal del motor en HP

P: Número de polos

EF1: Eficiencia del motor a 50% de carga

EF2: Eficiencia a 75% de carga

EF: Eficiencia a plena carga

IPC: Corriente a plena carga en Amperes

PAR: Par en Newton- metro

COSTO: Costo del motor estándar en dólares

ALTEF: Eficiencia del motor de alta eficiencia

COSTO.ALTEF: Costo del motor de alta eficiencia en dólares

**Nota:** El número 0.001 dentro de esta tabla no representa un costo, sino una clave que indica que el motor con las características correspondientes no aparece en el catálogo de precios; el programa lo identifica y lo maneja como tal.

Para cualquier otra variable, consultar las subrutinas en documentación.

HP	P	Ef1	Ef2	Ef	Ipc	Par	costo	Altef	Costo.Altef
0.5	8	60.0	64.0	65.0	1.1	4.2	436.0	0.001	0.001
0.75	4	70.0	73.0	73.0	1.4	3.1	209.0	0.001	0.001
0.75	6	66.0	70.0	70.0	1.6	4.8	281.0	0.001	0.001
0.75	8	64.0	67.0	68.0	1.5	6.3	0.001	0.001	0.001
1.0	2	67.0	71.0	71.0	1.6	2.1	223.0	84.0	278.0
1.0	4	71.8	76.0	77.0	1.7	4.1	219.0	82.5	316.0
1.0	6	71.0	74.1	74.0	1.9	6.4	295.0	80.0	370.0
1.0	8	72.3	76.4	75.5	1.8	8.3	547.0	80.0	0.001
1.5	2	68.5	73.5	75.5	2.2	3.1	248.0	82.5	311.0
1.5	4	72.0	76.2	77.0	2.5	6.2	233.0	84.0	330.0
1.5	6	77.7	78.4	78.5	2.5	9.4	337.0	85.5	434.0
1.5	8	74.8	75.5	75.5	2.7	12.5	667.0	81.5	0.001
2.0	2	73.1	77.3	78.5	2.8	4.1	292.0	84.0	365.0
2.0	4	74.1	77.9	78.5	3.2	8.3	251.0	84.0	374.0
2.0	6	79.1	81.5	80.0	3.1	12.5	340.0	86.5	452.0
2.0	8	73.4	76.6	77.0	3.6	16.7	824.0	86.5	0.001
3.0	2	75.4	79.1	80.0	4.2	6.0	320.0	87.5	431.0
3.0	4	82.4	82.9	81.5	4.3	12.4	299.0	87.5	382.0
3.0	6	80.0	82.3	82.5	4.8	18.4	448.0	87.5	633.0
3.0	8	76.4	79.6	80.0	4.9	25.0	951.0	87.5	0.001
5.0	2	78.4	81.4	82.5	6.4	10.2	364.0	87.5	507.0

HP	P	Ef1	Ef2	Ef	Ipc	Par	Costo	Altef	Costo.Altef
5.0	4	82.7	83.7	82.5	6.9	20.8	303.0	87.5	457.0
5.0	6	81.9	84.3	84.0	7.7	30.8	557.0	87.5	843.0
5.0	8	81.3	83.8	84.0	8.2	41.2	1329.0	86.5	0.001
7.5	2	76.2	82.7	84.0	10.0	15.3	472.0	88.5	644.0
7.5	4	85.0	86.1	85.5	10.0	30.8	430.0	89.5	672.0
7.5	6	85.3	86.9	86.5	12.0	45.9	747.0	90.2	1009.0
7.5	8	86.1	87.2	86.5	12.0	62.5	1664.0	88.5	0.001
10.0	2	83.7	85.0	85.5	13.0	20.4	574.0	89.5	800.0
10.0	4	87.1	88.2	86.5	14.0	41.1	528.0	89.5	747.0
10.0	6	86.1	87.3	86.5	15.0	61.4	909.0	90.2	1243.0
10.0	8	87.0	87.3	86.5	15.0	83.0	0.001	91.0	0.001
15.0	2	85.5	87.1	87.5	19.0	30.4	762.0	90.2	1047.0
15.0	4	88.2	88.7	87.5	20.0	61.1	799.0	91.7	1059.0
15.0	6	86.9	87.7	87.5	23.0	92.0	1229.0	90.2	1624.0
15.0	8	85.1	87.3	87.5	24.0	123.0	0.001	91.0	0.001
20.0	2	86.5	87.7	87.5	24.0	40.6	992.0	90.2	1230.0
20.0	4	89.3	89.5	88.5	25.0	81.4	984.0	91.7	1331.0
20.0	6	88.1	88.8	88.5	30.0	122.0	1545.0	91.7	2046.0
20.0	8	88.2	89.0	88.5	32.0	164.0	0.001	91.0	0.001
25.0	2	88.0	88.7	88.5	31.0	50.0	1198.0	91.0	1478.0
25.0	4	90.3	90.6	89.5	32.0	102.0	1194.0	93.0	1623.0
25.0	6	89.4	90.1	88.5	35.0	152.0	1980.0	92.4	2631.0
25.0	8	87.4	88.7	88.5	41.0	203.0	0.001	90.2	0.001
30.0	2	88.7	89.5	89.5	37.0	61.0	1394.0	91.0	1744.0
30.0	4	90.7	91.0	90.2	38.0	122.0	1395.0	93.6	1775.0
30.0	6	90.0	90.7	89.5	42.0	182.0	2106.0	91.7	2829.0
30.0	8	86.3	87.7	87.5	50.0	243.0	0.001	91.0	0.001
40.0	2	86.5	88.4	89.5	49.0	81.0	1865.0	93.6	2432.0
40.0	4	91.7	92.0	91.0	51.0	161.0	1780.0	93.6	2317.0
40.0	6	89.9	90.8	90.2	57.0	241.0	3141.0	93.6	3927.0
40.0	8	89.0	90.5	90.2	63.0	325.0	0.001	91.7	0.001
50.0	2	89.4	90.2	91.0	62.0	100.0	2330.0	93.6	2933.0
50.0	4	92.3	92.7	91.7	63.0	202.0	2090.0	94.1	2557.0
50.0	6	89.7	90.5	90.2	71.0	302.0	5001.0	94.1	4514.0
50.0	8	92.1	92.4	91.7	72.0	404.0	0.001	92.4	0.001
60.0	2	90.7	91.1	91.0	72.0	120.0	2744.0	93.0	3519.0
60.0	4	91.1	91.7	91.0	76.0	241.0	2626.0	94.5	3220.0
60.0	6	90.8	90.8	90.2	79.0	362.0	4693.0	93.6	5725.0
60.0	8	92.1	92.2	91.7	83.0	485.0	0.001	92.4	0.001
75.0	2	91.3	91.6	91.7	90.0	150.0	3905.0	93.0	4873.0
75.0	4	91.8	91.7	91.7	93.0	301.0	3224.0	94.5	3956.0
75.0	6	92.3	92.3	91.7	94.0	453.0	4960.0	94.5	4960.0
75.0	8	92.7	92.9	92.4	96.0	603.0	0.001	93.6	0.001
100.0	2	91.7	92.5	92.4	121.0	200.0	4043.0	95.8	5159.0

HP	P	Ef1	Ef2	Ef	ipc	Par	Costo	Altef	Costo	Altef
100.0	4	92.0	92.7	92.4	123.0	401.0	3519.0	95.0	4507.0	
100.0	6	93.8	93.9	93.6	122.0	603.0	5142.0	94.5	6741	
100.0	8	93.8	93.8	93.0	130.0	804.0	0.001	93.6	0.001	
125.0	2	92.7	93.6	93.6	145.0	250.0	4977.0	94.5	6619.0	
125.0	4	93.0	93.7	93.6	153.0	500.0	4047.0	95.8	5529.0	
125.0	6	93.9	94.2	93.6	153.0	754.0	6257.0	95.4	7579.0	
125.0	8	95.1	95.2	94.5	158.0	1006.0	0.001	0.001	0.001	
150.0	2	93.0	93.8	93.6	177.0	300.0	6436.0	95.4	8045.0	
150.0	4	93.2	94.5	94.1	183.0	601.0	5820.0	95.4	6823.0	
150.0	6	94.3	94.6	94.5	180.0	906.0	6890.0	95.8	9325.0	
150.0	8	94.8	95.5	94.5	193.0	1207.0	0.001	0.001	0.001	
200.0	2	92.9	93.6	93.6	231.0	399.0	8097.0	0.001	0.001	
200.0	4	93.5	94.1	94.1	242.0	800.0	6791.0	0.001	0.001	
200.0	6	94.3	94.5	94.5	238.0	1200.0	8611.0	0.001	0.001	
200.0	8	95.0	95.0	94.5	256.0	1609.0	0.001	0.001	0.001	
250.0	2	93.6	94.2	94.1	286.0	499.0	9701.0	0.001	0.001	
250.0	4	93.2	94.5	94.1	306.0	998.0	8572.0	0.001	0.001	

HP	P	NMAR	B	TMP	Ef	Pac	Pv	Ev	CosAr
1.0	4	30.0	5.8	38.0	77.0	5.8	0.25	73.0	40.0
1.0	6	34.0	15.0	33.0	74.0	15.0	0.23	72.8	40.0
1.5	2	12.9	1.8	76.0	75.5	1.8	0.3	72.0	45.0
1.5	4	25.7	8.6	38.0	77.0	8.6	0.31	74.0	45.0
1.5	6	29.1	23.0	34.0	78.5	23.0	0.33	74.2	48.0
2.0	2	11.5	2.4	77.0	78.5	2.4	0.5	73.5	50.0
2.0	4	23.0	11.0	39.0	78.5	11.0	0.51	73.0	50.0
2.0	6	26.1	30.0	35.0	80.0	30.0	0.52	75.0	52.0
3.0	2	9.9	3.5	80.0	80.0	3.5	0.75	74.6	55.0
3.0	4	19.8	17.0	40.0	81.5	17.0	0.76	76.0	55.0
3.0	6	22.4	44.0	36.0	82.5	44.0	0.77	77.0	56.0
5.0	2	8.1	5.7	83.0	82.5	5.7	1.25	76.5	58.0
5.0	4	16.3	27.0	42.0	82.5	27.0	1.26	76.0	58.0
5.0	6	18.4	71.0	37.0	84.0	71.0	1.27	78.0	58.0
7.5	2	7.0	8.3	88.0	84.0	8.3	1.8	78.0	62.0
7.5	4	13.9	39.0	44.0	85.5	39.0	1.82	78.5	62.0
7.5	6	15.8	104.0	39.0	86.5	104.0	1.82	79.0	62.0
10.0	2	6.2	11.0	92.0	85.5	11.0	2.83	79.2	65.0
10.0	4	12.5	51.0	46.0	86.5	51.0	2.83	79.6	65.0
10.0	6	14.2	137.0	41.0	86.5	137.0	2.85	79.5	67.0
15.0	2	5.4	16.0	100.0	87.5	16.0	3.7	78.0	70.0
15.0	4	10.7	75.0	50.0	87.5	75.0	3.72	78.0	70.0
15.0	6	12.1	200.0	44.0	87.5	200.0	3.8	78.2	72.0
20.0	2	4.8	21.0	110.0	87.5	21.0	5.0	77.0	78.0
20.0	4	9.6	99.0	55.0	88.5	99.0	4.9	77.5	78.0

HP	P	N	M	B	TMP	Ef	Pac	Pv	Ev	CosAr
20.0	6	10.9	262.0	48.0	88.5	262.0	5.1	77.5	80.0	
25.0	2	4.4	26.0	115.0	86.5	26.0	6.0	78.0	85.0	
25.0	4	8.8	122.0	58.0	89.5	122.0	6.2	78.5	85.0	
25.0	6	10.0	324.0	51.0	88.5	324.0	6.5	78.0	90.0	
30.0	2	4.1	31.0	120.0	89.5	31.0	7.5	82.0	95.0	
30.0	4	8.2	144.0	60.0	90.2	144.0	7.6	83.0	95.0	
30.0	6	9.3	384.0	53.0	89.5	384.0	7.4	82.0	98.0	
40.0	2	3.7	40.0	130.0	89.5	40.0	10.0	81.5	110.0	
40.0	4	7.4	189.0	65.0	91.0	189.0	10.2	82.0	110.0	
40.0	6	8.4	503.0	57.0	90.2	503.0	10.	83.0	112.0	
50.0	2	3.4	49.0	145.0	91.0	49.0	12.5	83.5	120.0	
50.0	4	6.8	232.0	72.0	91.7	232.0	12.6	84.0	120.0	
50.0	6	7.7	620.0	64.0	90.2	620.0	12.4	84.0	125.0	
60.0	2	3.2	58.0	170.0	91.0	58.0	15.0	85.0	130.0	
60.0	4	6.3	275.0	85.0	91.0	275.0	15.2	85.0	130.0	
60.0	6	7.2	735.0	75.0	90.2	735.0	15.4	84.5	135.0	
75.0	2	2.9	71.0	180.0	91.7	71.0	18.7	85.0	145.0	
75.0	4	5.8	338.0	90.0	91.7	338.0	18.4	85.0	145.0	
75.0	6	6.6	904.0	79.0	91.7	904.0	18.6	86.0	150.0	
100.0	2	2.6	92.0	220.0	92.4	92.0	25.0	87.0	165.0	
100.0	4	5.2	441.0	110.0	92.4	441.0	25.4	86.0	165.0	
100.0	6	5.9	1181.0	97.0	93.6	1181.0	25.8	87.0	170.0	
125.0	2	2.4	113.0	275.0	93.6	113.0	31.0	87.5	130.0	
125.0	4	4.8	542.0	140.0	93.6	542.0	31.5	87.6	130.0	
125.0	6	5.4	1452.0	120.0	93.6	1452.0	31.3	87.5	135.0	
150.0	2	2.2	133.0	320.0	93.6	133.0	37.5	87.0	150.0	
150.0	4	4.5	640.0	160.0	94.1	640.0	37.8	85.0	150.0	
150.0	6	5.1	1719.0	140.0	94.5	1719.0	37.6	88.0	155.0	
200.0	2	2.0	172.0	600.0	93.6	172.0	50.1	87.0	180.0	
200.0	4	4.0	831.0	300.0	94.1	831.0	50.4	88.6	180.0	
200.0	6	4.5	2238	265.0	94.5	2238.0	50.8	89.0	190.0	
250.0	2	1.8	210.0	1000.0	94.1	210.0	62.5	87.0	250.0	
250.0	4	3.7	1017.0	500.0	94.1	1017.0	62.8	86.5	250.0	

HP	Referencia variador de velocidad	Costo del variador
1.0	3002	1318.0
2.0	3003	1389.0
3.0	3004	1685.0
5.0	3006	2142.0
7.5	3008	2677.0
10.0	3011	3665.0

HP	Referencia variador de velocidad	Costo del variador
15.0	3016	4710.0
20.0	3022	5675.0
30.0	3032	7813.0
40.0	3042	9550.0
50.0	3052	11252.0
60.0	3060	13350.0
75.0	3075	14952.0
100.0	3100	17444.0
125.0	3125	20292.0
150.0	3150	25810.0
200.0	3200	30082.0

HP	Control	Costo
0.5	1	20.0
0.75	2	25.0
1.0	10	30.0
2.0	20	35.0
3.0	30	38.0
4.0	40	40.0
5.0	50	52.0

## **A N E X O C**

- Datos particulares de los motores**
- Resultados Corridas del Programa**

Cada corrida esta precedida de sus datos de entrada en forma de tabla; se trata de los archivos DATOS G2 o DATOS G4. Las tablas de resultados que aparecen en el capitulo 5 (incisos 5-4.1 y 5-4.2) son extraidas directamente de estas corridas.

Los parámetros en ceros dentro de estas tablas indican que no pertenecen al grupo (G) en turno que se esta procesando.

## DATOS DE ENTRADA :

**Nombre de los archivos:** DATOS G2 y DATOS G4 (en forma de tabla), como se muestra más adelante.

**Significado de las variables** que aparecen en esos archivos:

- En la primera fila de la tabla:

Polm : Número máximo de polos

Ite : Número de iteraciones

Ckwh : Costo del Kwh

AIR : Tasa de interés anual o tasa de retorno.

AIP: Porcentaje de incremento anual sobre el costo de la energía.

Hpmáx : Capacidad máxima de los motores en HP.

Hpmin : Capacidad mínima en HP.

V.DÓLAR : Equivalente del dólar en Moneda Nacional.

FREC : Frecuencia

COSKW : Costo del KW de demanda.

DESC : Descuento en la venta de los equipos.

- En la segunda fila :

Pn : Potencia nominal del motor (en HP)

Vn : Voltaje nominal en volts)

Ec : Valor medición de energía consumida (en Kwh)

Tm : Duración del intervalo de medición (en minutos)

TO : Tiempo de operación del motor (Horas / año)

NM : Número de motores idénticos.

G : Grupo al pertenece el motor

P : Número de polos

N : Vida útil estimada del motor (en años)

Fp0 : Factor de potencia inicial del motor

Fpn : Factor de potencia final

Np : Clave del Par : Si Np = 1 par normal, si NP = 2 par alto

Tc : Duración del periodo de carga (en minutos)

Tnc : Duración del periodo de no carga (en minutos)

## DATOS DE SALIDA:

**Nota:** Cada tabla de DATOS (como la anterior) esta seguida inmediatamente de los datos de salida correspondientes.

**Encabezados de los archivos de salida o corridas:**

Pnom, Vnomi: Potencia y voltaje nominales

Pot.Ahor, En. Ahor., Din. Ah. : Potencia, energía y dinero ahorrados.

T.Recup. o Tpo de Recup. o HORAS : Tiempo de recuperación de la inversión

Inversi o Invers : Inversión

NMI : Número de motores idénticos en una iteración.

Val. Pres : Valor presente

F.carga : Factor de carga

Efnomi : Eficiencia nominal

Ef. Real , Pot. Real : Eficiencia y potencia reales.

Hrs op. : Horas de operación del motor (al año)

P.sal o Pot.sal : Potencia de salida

TOVP : tiempo de operación en vacío en %

Cosar : Costo dispositivo de arranque

Núm.Mot. : Número de motores acumulados hasta este momento.

Efest : Eficiencia estándar

Altef : Alta eficiencia

Velnom, Velpro : Velocidades nominal y promedio

VVEL : Referencia del variador de velocidad

CTrol : Referencia del controlador de factor de potencia

### A)- RESULTADOS CORRIDAS GRUPO 2:

Tabla de datos base: Archivo DATOS G2-a

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dolar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	2	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

Los resultados correspondientes a continuación:

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA(GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO(GRUPO.2)

Resultados por motor:

Respecto a las 2 primeras lineas de resultados de cada iteración (I), tenemos :

Renglón superior: Parámetros del motor original  
Renglón inferior: Parámetros del motor sustituto

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
2	2	480.00	60.00	0.10	91.00	0.87	5.33
			10.00	0.62	86.50	0.88	5.29

Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8640.0	6.25	0.03	266.20	21034.47	3379.2	0.16

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
3	2	480.00	60.00 20.00	0.27 0.80	91.00 88.50	0.89 0.89	13.32 13.31
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	15.96	0.01	53.78	16716.81	6297.6	0.38	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
6	2	480.00	60.00 25.00	0.31 0.74	91.00 89.50	0.90 0.91	15.28 15.13
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	18.38	0.15	1281.03	15029.31	7641.6	0.51	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
7	1	480.00	60.00 50.00	0.56 0.67	91.00 91.70	0.91 0.93	27.47 27.06
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	33.64	0.40	3482.77	5441.45	13376.0	2.46	

TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
7	6684.78	111002.60	48012.80	0.43	3437664.00

MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	VVel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
---	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------------	------	-------------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener,Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.0	?????	0.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO DE ALTA EFICIENCIA COMO OTRA ALTERNATIVA.

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
2	10.0	86.50	266.20	3379.2	0.16	10.0	89.50	4780.80	0.23
3	20.0	88.50	53.78	6297.6	0.38	20.0	91.70	8518.40	0.49
6	25.0	89.50	1281.03	7641.6	0.51	25.0	93.00	10387.20	0.65
7	50.0	91.70	3482.77	13376.0	2.46	50.0	94.10	16364.80	2.25
I= 1	Grupo: 2 Pnom= 125.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.3736 KW CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA								

I= 4 Pnom= 60.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 5 GRUPO: 2 PNOM= 75.00 HP VNOM= 480.00 VOLTS  
RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO

I= 8 Grupo: 2 Pnom= 15.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.0749 KW  
CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
7	6684.78	111002.60
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
48012.80	0.43	3437664.00

**Cambio del valor de algunos parámetros para ver su influencia en los resultados.**

DATOS G2-b: Aumento del tiempo de vida útil (N) de 20 a 25 años (respecto a G2-a)

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dolar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	2	4	25	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	2	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

A continuación, los resultados correspondientes:

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Respecto a las 2 primeras lineas de resultados de cada iteración (I), tenemos :

Renglón superior: Parámetros del motor original  
Renglón inferior: Parámetros del motor sustituto

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
2	2	480.00	60.00	0.10	91.00	0.87	5.33
			10.00	0.62	86.50	0.88	5.29

Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8640.0	6.25	0.03	266.20	21034.47	3379.2	0.16

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (¢)	Ef.real	Pot.real (KW)
3	2	480.00	60.00 20.00	0.27 0.80	91.00 88.50	0.89 0.89	13.32 13.31
Hrs op. (HORAS)		P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8640.0		15.96	0.01	53.78	16716.81	6297.6	0.38

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (¢)	Ef.real	Pot.real (KW)
6	2	480.00	60.00 25.00	0.31 0.74	91.00 89.50	0.90 0.91	15.28 15.13
Hrs op. (HORAS)		P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8640.0		18.38	0.15	1281.03	15029.31	7641.6	0.51

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (¢)	Ef.real	Pot.real (KW)
7	1	480.00	60.00 50.00	0.56 0.67	91.00 91.70	0.91 0.93	27.47 27.06
Hrs op. (HORAS)		P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8640.0		33.64	0.40	3482.77	5441.45	13376.0	2.46

TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
7	6684.78	111002.60	48012.80	0.43	4807721.00

MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (¢)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Vvel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
---	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------------	------	-------------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.0	?????	0.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO DE ALTA EFICIENCIA COMO OTRA ALTERNATIVA.

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
2	10.0	86.50	266.20	3379.2	0.16	10.0	89.50	4780.80	0.23
3	20.0	88.50	53.78	6297.6	0.38	20.0	91.70	8518.40	0.49
6	25.0	89.50	1281.03	7641.6	0.51	25.0	93.00	10387.20	0.65
7	50.0	91.70	3482.77	13376.0	2.46	50.0	94.10	16364.80	2.25
I= 1	Grupo: 2 Pnom= 125.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.3736 KW CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA								

I= 4 Pnom= 60.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 5 GRUPO: 2 PNOM= 75.00 HP VNOM= 480.00 VOLTS  
RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO

I= 8 Grupo: 2 Pnom= 15.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.0749 KW  
CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
7	6684.78	111002.60
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
48012.80	0.43	4807721.00

DATOS G2-c: Disminución del factor de carga inicial del motor sustituto del 80 a 60%.

La clave es (Np) del par que pasa de 1 a 2

Polm	lre	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	Hpmin	V.dolar	Frec	Coskw	Desc					
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%					
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc		
125	480	7.53	0.1 3	8640	6	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
60	480	2.13	0.4 0	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
60	480	3.33	0.2 5	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
60	480	3.63	0.1 0	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
75	480	22.92	0.7 5	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
60	480	3.82	0.2 5	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
60	480	6.40	0.2 3	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	2	0.0	0.0		
15	480	12.0	4.0	8760	3	2	4	12	0.0	0.0	2	0.0	0.0		

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA(GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO(GRUPO.2)

Resultados por motor:

Respecto a las 2 primeras lineas de resultados de cada iteración (I), tenemos :

Reglón superior: Parámetros del motor original  
Reglón inferior: Parámetros del motor sustituto

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
2	2	480.00	60.00 15.00	0.10 0.42	91.00 87.50	0.87 0.88	5.33 5.32
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	6.25	0.01	86.26	18829.21	5113.6	0.27	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
3	2	480.00	60.00	0.27	91.00	0.89	13.32
			30.00	0.53	90.20	0.91	13.11
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	15.96	0.21	1824.45	13139.61	8928.0	0.68	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
6	2	480.00	60.00	0.31	91.00	0.90	15.28
			40.00	0.46	91.00	0.92	14.98
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	18.38	0.30	2578.06	9243.39	11392.0	1.23	

TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
6	8977.55	82424.41	50867.21	0.62	2552619.00

MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG.

(GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	VVel	Invers (PESOS)	T.Recup <sup>.25</sup> (AÑOS)
---	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------------	------	-------------------	----------------------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener,Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.0	0.0 ?????	0.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO DE ALTA EFICIENCIA COMO OTRA ALTERNATIVA.

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:					PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA				
I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	Altef (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
2	15.0	87.50	86.26	5113.6	0.27	15.0	91.70	6777.60	0.35
3	30.0	90.20	1824.45	8928.0	0.68	30.0	93.60	11360.00	0.81
6	40.0	91.00	2578.06	11392.0	1.23	40.0	93.60	14828.80	1.48

I= 1 Pnom= 125.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 4 Pnom= 60.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 5 GRUPO: 2 PNOM= 75.00 HP VNOM= 480.00 VOLTS  
RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO

I= 7 Pnom= 60.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 8 Grupo: 2 Pnom= 15.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.0384 KW  
CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA

RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
6	8977.55	82424.41

INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
50867.21	0.62	2552619.00

DATOS G2-d: Alza de la tasa de inflación anual sobre el costo de la energía (AIP) de 0.30 a 0.4

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	Hpmin	V.dolar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.4	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	2	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Respecto a las 2 primeras líneas de resultados de cada iteración (I), tenemos :

Reglón superior: Parámetros del motor original  
Reglón inferior: Parámetros del motor sustituto

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
2	2	480.00	60.00 10.00	0.10 0.62	91.00 86.50	0.87 0.88	5.33 5.29
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	6.25	0.03	266.20	21034.47	3379.2	0.16	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
3	2	480.00	60.00 20.00	0.27 0.80	91.00 88.50	0.89 0.89	13.32 13.31
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	15.96	0.01	53.78	16716.81	6297.6	0.38	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
6	2	480.00	60.00 25.00	0.31 0.74	91.00 89.50	0.90 0.91	15.28 15.13
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	18.38	0.15	1281.03	15029.31	7641.6	0.51	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
7	1	480.00	60.00 50.00	0.56 0.67	91.00 91.70	0.91 0.93	27.47 27.06
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8640.0	33.64	0.40	3482.77	5441.45	13376.0	2.46	

TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
7	6684.78	111002.60	48012.80	0.43	8957782.00

MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	VVel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
---	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------------	------	-------------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener,Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.0	?????	0.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO DE ALTA EFICIENCIA COMO OTRA ALTERNATIVA.

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
2	10.0	86.50	266.20	3379.2	0.16	10.0	89.50	4780.80	0.23
3	20.0	88.50	53.78	6297.6	0.38	20.0	91.70	8518.40	0.49
6	25.0	89.50	1281.03	7641.6	0.51	25.0	93.00	10387.20	0.65
7	50.0	91.70	3482.77	13376.0	2.46	50.0	94.10	16364.80	2.25
I= 1	Grupo: 2 Pnom= 125.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.3736 KW CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA								

I= 4 Pnom= 60.0 Grupo:2  
Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 5 GRUPO: 2 PNUM= 75.00 HP VNUM= 480.00 VOLTS  
RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO

I= 8 Grupo: 2 Pnom= 15.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.0749 KW  
CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
7	6684.78	111002.60
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
48012.80	0.43	8957782.00

Tabla DATOS G2-e: Aumento del número de horas de operación al año del motor (de 8640 a 8760)

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dolar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8760	6	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8760	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8760	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8760	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8760	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8760	2	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8760	1	2	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	2	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	----------------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Respecto a las 2 primeras lineas de resultados de cada iteración (I), tenemos :

Renglón superior: Parámetros del motor original  
Renglón inferior: Parámetros del motor sustituto

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
2	2	480.00	60.00 10.00	0.10 0.62	91.00 86.50	0.87 0.88	5.33 5.29

Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)
8760.0	6.25	0.03	269.90	21035.58	3379.2	0.16

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
3	2	480.00	60.00 20.00	0.27 0.80	91.00 88.50	0.89 0.89	13.32 13.31
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8760.0	15.96	0.01	54.53	16717.03	6297.6	0.38	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
6	2	480.00	60.00 25.00	0.31 0.74	91.00 89.50	0.90 0.91	15.28 15.13
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8760.0	18.38	0.15	1298.82	15034.65	7641.6	0.51	

I	NMI	Vnomi (V)	Pnomi (HP)	F.carga	Efnomi (%)	Ef.real	Pot.real (KW)
7	1	480.00	60.00 50.00	0.56 0.67	91.00 91.70	0.91 0.93	27.47 27.06
Hrs op. (HORAS)	P.sal (HP)	Pot.Ahor. (KW)	En.Ahor. (KWH)	Din.Ahor. (PESOS)	Inversión (PESOS)	Tpo.rec. (AÑOS)	
8760.0	33.64	0.40	3531.14	5455.97	13376.0	2.45	

TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
7	6777.63	111030.50	48012.80	0.43	3438527.00

MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Vvel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
---	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------------	------	-------------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.0	?????	0.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD, PERO DE ALTA EFICIENCIA COMO OTRA ALTERNATIVA.

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
2	10.0	86.50	269.90	3379.2	0.16	10.0	89.50	4780.80	0.23
3	20.0	88.50	54.53	6297.6	0.38	20.0	91.70	8518.40	0.49
6	25.0	89.50	1298.82	7641.6	0.51	25.0	93.00	10387.20	0.65
7	50.0	91.70	3531.14	13376.0	2.45	50.0	94.10	16364.80	2.24
I= 1	Grupo: 2 Pnom= 125.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.3736 KW CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA								

I= 4 Pnom= 60.0 Grupo:2

Con este metodo de sustitución del motor, no hay ahorro de energía

I= 5 GRUPO: 2 PNOM= 75.00 HP VNOM= 480.00 VOLTS  
RESULTADO MOTOR SUSTITUTO DEMASIADO ALTO

I= 8 Grupo: 2 Pnom= 15.00 HP Vnom= 480.00 Volts Pot.Ah= -0.0749 KW  
CON ESTE MOTOR, NO HAY AHORRO DE ENERGIA

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
7	6777.63	111030.50
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
48012.80	0.43	3438527.00

### B)- RESULTADOS GRUPO 4 :

Tabla DATOS G4-a : Archivo de datos básicos de referencia ( ahora G=4)

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dólar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	4	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

A continuación, los resultados correspondientes.

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP  
 Potencia máxima: 250.0 HP  
 Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00  
 Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Renglón superior: Parámetros motor original  
 Renglón inferior: Parámetros del motor sustituto

## TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	VVel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
1	125.0	1800.0	1170.0	8640.0	354829.5	127664.70	3125	129868.80	1.02
2	60.0	1800.0	1170.0	8640.0	33373.1	12007.35	3060	85440.01	7.12
3	60.0	1800.0	1170.0	8760.0	84639.1	30383.11	3060	85440.01	2.81
4	60.0	1800.0	1170.0	8640.0	227500.8	81852.91	3060	85440.01	1.04
5	75.0	1800.0	1170.0	8640.0	191526.8	68909.77	3075	95692.80	1.39
6	60.0	1800.0	1170.0	8640.0	95763.4	34454.88	3060	85440.01	2.48
7	60.0	1800.0	1170.0	8640.0	172147.4	61937.20	3060	85440.01	1.38
8	15.0	1800.0	1170.0	8760.0	19062.9	6843.04	3016	30144.00	4.41

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversí (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
19	3396418.0	1221818.0	1744551.0	1.43	19093150.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO  
DE LA MISMA CAPACIDAD QUE EL MOTOR ORIGINAL, PERO  
DE ALTA EFICIENCIA

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
---	---------------	--------------	------------------	--------------------	------------------	--------------	--------------	--------------------	------------------

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
19	3396418.00	1221818.00
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
1744551.00	1.43	19093150.00

Tabla DATOS G4-b: El archivo es igual que el G4-a.

Reducción de la velocidad promedio de trabajo de 65 a 55% de la velocidad nominal  
(la alteración del dato se hace a nivel Subrutina GRUPO 4)

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol	Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	-------	----------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Renglón superior: Parámetros motor original

Renglón inferior: Parámetros del motor sustituto

## TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	VVel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
1	125.0	1800.0	990.0	8640.0	407781.8	146716.50	3125	129868.80	0.89
2	60.0	1800.0	990.0	8640.0	38353.4	13799.24	3060	85440.01	6.19
3	60.0	1800.0	990.0	8760.0	97270.0	34917.28	3060	85440.01	2.45
4	60.0	1800.0	990.0	8640.0	261451.5	94068.07	3060	85440.01	0.91
5	75.0	1800.0	990.0	8640.0	220109.0	79193.40	3075	95692.80	1.21
6	60.0	1800.0	990.0	8640.0	110054.5	39596.70	3060	85440.01	2.16
7	60.0	1800.0	990.0	8640.0	197837.5	71180.27	3060	85440.01	1.20
8	15.0	1800.0	990.0	8760.0	21907.7	7864.25	3016	30144.00	3.83

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
19	3903277.0	1404153.0	1744551.0	1.24	21942480.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD QUE EL MOTOR ORIGINAL, PERO DE ALTA EFICIENCIA

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
---	---------------	--------------	------------------	--------------------	------------------	--------------	--------------	--------------------	------------------

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRADO. (PESOS)
19	3903277.00	1404153.00
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
1744551.00	1.24	21942480.00

Tabla DATOS G4-c : Aumento del número de polos del motor (de 4 a 6)

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dólar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	60	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	4	6	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	4	6	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

Tabla DATOS G4-d : Reducción de la frecuencia (de 60 50 HZ)

Polm	Ite	Ckwh	AIR	AIP	Hpmáx	HPmin	V.dólar	Frec	Coskw	Desc			
8	8	0.30	0.25	0.3	250.00	0.50	8.00	50	43.05	20%			
Pn	Vn	Ec	Tm	To	Nm	G	P	N	Fp0	Fpn	Np	Tc	Tnc
125	480	7.53	0.13	8640	6	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	2.13	0.40	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.33	0.25	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.63	0.10	8640	1	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
75	480	22.92	0.75	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	3.82	0.25	8640	2	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
60	480	6.40	0.23	8640	1	4	4	20	0.0	0.0	1	0.0	0.0
15	480	12.0	4.0	8760	3	4	4	12	0.0	0.0	1	0.0	0.0

## ALGUNOS DATOS GENERALES

Número de iteraciones: 8 Potencia mínima: 0.50 HP

Potencia máxima: 250.0 HP

Cambio promedio del dólar en pesos: 8.00

Descuento mínimo general de los equipos: 20.0 %

## MOTORES EN VACIO O CON CARGA LIGERA (GRUPO1)

Resultados individuales por motor:

I	Pnomi (HP)	Pot.ahor (KW)	Horas (HRS)	En.Ahor (KWH)	Din.Ah (PESOS)	CTrol Inversión (PESOS)	T.recup. (AÑOS)
---	---------------	------------------	----------------	------------------	-------------------	----------------------------	--------------------

## VALORES TOTALES PARA EL GRUPO1:

Núm.de mot.	En.Ahor. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	Tiempo recup. (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.0	0.0	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA CONTINUO (GRUPO.2)

Resultados por motor:

Replón superior: Parámetros motor original

Replón inferior: Parámetros del motor sustituto

## TOTALES PARA EL GRUPO2

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup. (AÑOS)	Val.Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

## MOTORES CON CICLO DE CARGA DESCONTINUO

(GRUPO3)

Resultados por motor:

I	Pnomi (HP)	Vnomi (V)	TOVP (%)	COSAR (PESOS)	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Horas (HRS)	T.recup (AÑOS)
---	---------------	--------------	-------------	------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO3

Núm.Mot.	Ener.Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
0	0.00	0.00	0.00	?????	0.00

FLUJOS CONTROLADOS POR VALVULAS DE ESTRANG. (GR4)

Resultados por motor:

I	Pnom (HP)	Velnom (RPM)	Velpro (RPM)	TPO. (HRS)	EnerAh (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Vvel	Invers (PESOS)	T.Recup (AÑOS)
1	125.0	1500.0	975.0	8640.0	354829.5	127664.70	3125	129868.80	1.02
2	60.0	1500.0	975.0	8640.0	33373.1	12007.35	3060	85440.01	7.12
3	60.0	1500.0	975.0	8760.0	84639.1	30383.11	3060	85440.01	2.81
4	60.0	1500.0	975.0	8640.0	227500.8	81852.91	3060	85440.01	1.04
5	75.0	1500.0	975.0	8640.0	191526.8	68909.77	3075	95692.80	1.39
6	60.0	1500.0	975.0	8640.0	95763.4	34454.88	3060	85440.01	2.48
7	60.0	1500.0	975.0	8640.0	172147.4	61937.20	3060	85440.01	1.38
8	15.0	1500.0	975.0	8760.0	19062.9	6843.04	3016	30144.00	4.41

TOTALES PARA LOS MOTORES DEL GRUPO4

Núm.Mot.	Ener,Ah. (KWH)	Din.Ah. (PESOS)	Inversi (PESOS)	T.Recup (AÑOS)	Valor Presente (PESOS)
19	3396418.0	1221818.0	1744551.0	1.43	19093150.0

MOTORES DE CICLO DE TRABAJO CONTINUO:GRUPO2

COMPARACION DEL MOTOR SUSTITUTO CALCULADO, CON UNO DE LA MISMA CAPACIDAD QUE EL MOTOR ORIGINAL, PERO DE ALTA EFICIENCIA

PARAMETROS MOTOR SUSTITUTO:

PARAM. DEL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

I	Pnomi (HP)	Efest (%)	En.Ahor (KWH)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)	Pnom (HP)	AltEf (%)	Invers. (PESOS)	Trecup (AÑOS)
---	---------------	--------------	------------------	--------------------	------------------	--------------	--------------	--------------------	------------------

## RESULTADOS GLOBALES DE TODA LA INSTALACION

NUM.MOTORES	EN. AHORRADA (KWH)	DINERO AHORRAÓ. (PESOS)
19	3396418.00	1221818.00
INVERSION (PESOS)	TIEMPO DE REC.INVER (AÑOS)	VALOR PRESENTE (PESOS)
1744551.00	1.43	19093150.00

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- Parajia , J. S. , "A mathematical Model for Estimation of Energy Saving by Replacement of Underloaded Motors " , Energy Management , April - June, 1983, Páginas 21 - 28
- 2- Manager, Engineering Department National Electrical Manufacturers Association , " Energy Guide for Selección and Use of Polyfase Motors " , Edition MG10 - 1983 , Páginas 2697 - 2710
- 3- Olivera Schutz, Luthe, Métodos Numéricos, Editorial Limusa, México, 1991, páginas 155 - 165
- 4- "Accionamientos de velocidad variable (AVV) de C.A.", Revista.
- 5- Fascículos de FIDE :
  - a- "Recomendaciones para Ahorro de Energía en Motores Eléctricos", Edición 1996
  - b- "Los Variadores de Velocidad como un medio para ahorrar energía eléctrica", Edición, 1996
- 6- Catálogo general de Motores Eléctricos, Motorreductores, y accionamientos de velocidad variable, Edición 1997.
- 7- Norma NOM-008-SCFI , "Sistema General de Unidades y Medidas".
- 8- Grupo de Trabajo Núm.9/6, Norma Oficial Mexicana Revisada NOM-074 SCF-1994, CONAE, septiembre de 1996, Revisión B.
- 9- Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Boletín Número especial Nov-Dic. 1994, volumen 18, Núm.6.
- 10- Instituto de Investigaciones Eléctricas, Boletín Informe anual 1996.
- 11- IIE, Red de Planeación de Operación del CENACE, Marzo-Abril de 1997, Vol.21, Núm.2
- 12- Instituto Mexicano del Petróleo (Subdirección de Ingeniería de Proyectos de Explotación), "Proyecto de Plataforma de Producción ABKATÚN" (sonda de Campeche), Revisión N0.3, Noviembre de 1993.

13- FIDE, ' Recomendaciones para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público municipal', edición 1996